

УДК 614.88:621.039.586713, 621.387.4.004.652: 504.054: 616.281:546.36: 621.039.573

М. С. Курята¹, В. В. Василенко¹✉, О. М. Іванова¹, М. С. Крамаренко¹, Л. О. Литвинець¹,
В. В. Морозов¹, Л. П. Міщенко¹, З. Н. Бойко¹, В. Б. Будерацька¹, М. І. Чепурний¹, О. Г. Кукуш²

¹Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, Київ, 04050, Україна

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01033, Україна

ВІДНОВЛЕННЯ, ВЕРИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛВЛ-ВИМІРЮВАНЬ 1986 Р., ЩО ВНЕСЕНІ ДО ЕЛЕКТРОННОЇ БАЗИ У 2019–2021 рр.

Метою дослідження є вдосконалення електронної бази даних ЛВЛ-вимірювань 1986 р. шляхом внесення нової інформації з паперових носіїв, відновлення інформаційних прогалів, верифікація та аналіз новоуведених даних, ревізія доз внутрішнього опромінення, визначених за результатами ЛВЛ-вимірювань 1986 р.

Матеріали і методи. При проведенні у 2013–2015 рр. ревізії бази даних (БД) результатів ЛВЛ-вимірювань 1986–2014 рр., було виявлено великий обсяг паперових носіїв з інформацією про ЛВЛ-вимірювання, у тому числі і 1986 р., які не були внесені до електронної БД. Паперові носії були систематизовані й упорядковані за показниками: місце проживання особи та місце проведення ЛВЛ-вимірювання; організація та оператор, які його проводили; вимірювальний засіб та дата вимірювання. Для зручного перенесення інформації до електронної БД було додатково створено форму, яка існує як опція в існуючому програмному комплексі Silbody (Версія 19.0.9). Дози внутрішнього опромінення від радіоцезію чорнобильського походження у ревізованій БД ЛВЛ-вимірювань 1986 року розраховувались із застосуванням еколого-дозиметричної моделі міграції радіоцезію у навколишньому середовищі та моделі метаболізму радіоцезію в організмі людини. У роботі використано математичні, статистичні методи дослідження.

Результати. У 2019–2021 рр. до електронної БД результатів ЛВЛ-вимірювань 1986 р. додатково внесено 35 319 записів, що збільшило її обсяг у 2,2 раза. Здебільшого це дані про результати досліджень мешканців Київської, Житомирської, Донецької, Черкаської, Одеської, Івано-Франківської, Рівненської областей. Встановлено інформацію про вимірювальні засоби, застосовані при проведенні вимірювань і, відповідно, мінімально-детектовану активність (МДА) для 27 119 записів (76,7 % від усіх новоуведених). Відновлено інформацію про масу тіла всіх досліджених осіб. Виконано розрахунок значень вмісту інкорпорованих радіонуклідів ¹³⁷Cs та ¹³⁴Cs для всіх новоуведених у БД записів. Проведено аналіз якості відновленої інформації. До групи 1 – «якісні», віднесено 18 598 записів (53 % від усіх новоуведених), до групи 2 – «умовноякісні» – 16 685 записів (47 % від усіх новоуведених) і лише 36 записів (0,1%) віднесено до групи 3 – «низькоякісні». Розраховано дози внутрішнього опромінення для всіх осіб, у яких проводились ЛВЛ-вимірювання у 1986 р. (включно з новоуведеними записами). Дозу, яка не перевищує 1 мЗв, отримало 80 % дорослих (старших 20 років), а також 73 % осіб молодших 20 років.

Висновки. До бази даних ЛВЛ-вимірювань додатково внесено 35 319 записів про результати вимірювань, виконаних у 1986 р. Новоуведена інформація верифікована та розподілена за групами якості. Розраховані на основі цих даних індивідуальні дози опромінення можуть бути використані для подальших наукових досліджень.

Ключові слова: база даних, лічильник випромінювання людини, результати ЛВЛ-вимірювання, Чорнобильська аварія, доза внутрішнього опромінення.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2021. Вип. 26. С. 199–218. doi: 10.33145/2304-8336-2021-26-199-218

✉ Василенко Валентина Володимирівна, e-mail: vvv2201@ukr.net

M. S. Kuriata¹, V. V. Vasylenko¹✉, O. M. Ivanova¹, M. S. Kramarenko¹, L. O. Lytvynets¹,
V. V. Morozov¹, L. P. Mischenko¹, Z. N. Boiko¹, V. B. Buderatska¹, M. I. Chepurny¹, A. G. Kukush²

¹State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka Str., Kyiv, 04050, Ukraine

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, 60 Volodymyrska Str., Kyiv, 01033, Ukraine

RECONSTRUCTION, VERIFICATION AND ANALYSIS OF RESULTS OF WBC MEASUREMENTS DATED 1986 THAT WERE INPUTTED TO ELECTRONIC DATABASE IN 2019–2021

Objective of research is to improve the electronic database of WBC measurements dated 1986 by inputting of new information from paper carriers, reconstruction of information gaps, verification and analysis of new entered data, revision of internal exposure doses that are based on results of WBC measurements dated 1986.

Materials and methods. In 2013–2015 during a revision of databases (DB) of WBC measurements results dated 1986–2014, it was discovered a great amount of paper carriers with information about WBC measurements, including the ones dated 1986, that were not inputted to the electronic DB. The paper carriers were systematized and ordered by the following indicators: place of residence of a person and place of WBC measurement, institution and operator that made the measurement, measurement device and date of measurement. For a comfortable inputting of the information to the electronic DB, it was additionally created a form which exists as an option in existing program complex Silbody (Version 19.0.9). In the revised DB of WBC measurements dated 1986 internal exposure doses from radio-cesium of Chernobyl origin were computed based on an ecological and dosimetric model for radio-cesium migration in environment and a model for radio-cesium metabolism in human body. In the work, mathematical and statistical methods of research were used.

Results. In 2019–2021 additionally 35,319 notes were inputted to the electronic DB of WBC measurement dated 1986, and as a result its volume increased in 2.2 times. Mostly those are data on results concerning residents of Kyiv, Zhytomyr, Donetsk, Cherkasy, Odessa, Ivano-Frankivsk, and Rivne Oblasts. It was established the information on measurement devices and respectively on the minimal detected activity (MDA) for 27,119 notes (76.7 % of all new entered). Information is reconstructed about the body mass of all persons under investigation. Evaluation is made for values of intake of incorporated radionuclides ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs for all new entered to DB. Quality of reconstructed information was analyzed. To group 1, «qualitative», it was classified 18,598 notes (53 % of all new entered), measurements in 1986 (including new entered). Dose not exceeding 1 mSv was obtained by 80 % of adults (older than 20), as well as 73 % of persons younger than 20.

Conclusion. To DB of WBC measurements, it was additionally inputted 35,319 notes on results of measurements dated 1986. New entered information is verified and distributed by the quality groups. Individual exposure doses evaluated based on those data can be used for further scientific research.

Key words: database; whole body counter of exposure; results of WBC measurement; Chernobyl accident; internal exposure dose.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021;26:199-218. doi: 10.33145/2304-8336-2021-26-199-218

ВСТУП

У 2013–2015 рр. при виконанні науково-дослідної роботи з ревізії бази даних (БД) результатів вимірювань, проведених після Чорнобильської аварії за допомогою лічильників випромінювання людини (ЛВЛ), було виявлено великий обсяг паперових носіїв з інформацією про ЛВЛ-вимірювання, які не були внесені до електронної БД [1, 2]. Найбільш цінною серед виявлених даних є інформація про до-

INTRODUCTION

In 2013–2015 in the process of scientific research on revision of DB for results of measurements made after the Chernobyl accident by whole body counters of exposure (WBC), it was discovered a great amount of paper carriers with information about WBC measurements that were not inputted to the electronic DB [1, 2]. Among discovered data, the most valuable is information on

✉ Valentyna V. Vasylenko, e-mail: vvv2201@ukr.net

зи опромінення, отримані населенням України від «чорнобильської» компоненти у 1986 році. Вони вносять суттєвий вклад у накопичення індивідуальної дози опромінення, що сформувалася за післяаварійний період [3, 4].

Однак, саме ця інформація є найбільш проблемною не тільки через якість зберігання паперових носіїв, на яких вона записана, але й щодо достовірності результатів вимірювань і методів їх реєстрації. Паперові носії знаходяться не в найкращому стані — на окремих листах чорнила потьмяніли, вицвіли, через нерозбірливий почерк важко розібрати записану інформацію. В окремих папках листи були перемішані і зберігались без упорядкування за будь-якими ознаками, що суттєво ускладнювало використання цих даних для наукових досліджень.

Постала задача ретельного розбору паперових носіїв, їх систематизації, перенесення інформації в електронну БД, перевірки її коректності, доповнення та, за можливості, відновлення відсутньої інформації з метою покращення якісної характеристики кожного виміру і отримання достовірних дозових оцінок.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є вдосконалення електронної бази даних ЛВЛ-вимірювань 1986 р. шляхом внесення нової інформації з паперових носіїв, відновлення інформаційних прогалів, верифікація та аналіз новоуведених даних, ревізія доз внутрішнього опромінення, визначених за результатами ЛВЛ-вимірювань 1986 р.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Бази даних результатів вимірювання вмісту інкорпорованих ^{137}Cs та ^{134}Cs , визначеного за допомогою ЛВЛ та річні дози внутрішнього опромінення, сформовані за рахунок їх інкорпорації, зберігаються у вигляді файлів формату dbf.

Структура бази даних включає 41 поле [1, 2] з інформацією про:

- > паспортні та біометричні дані вимірюваної особи;
- > засоби та умови проведення вимірювання;
- > параметри та результати вимірювання.

Паперові носії з результатами ЛВЛ-вимірювань зберігаються у вигляді: рукописних бланків-анкет стандартного зразка, заповнених кульковою ручкою (рис. 1); таблиць з печаткою організації у розмічених загальних зошитах, прошитих нитками; таблиць, роздрукованих на матричному принтері (рис. 2).

exposure doses obtained by the population of Ukraine from the «Chornobyl» component in 1986. They make essential impact to accumulation of individual exposure dose that formed during the post-accidental period [3, 4].

But namely this information is the most problematic, not only due to the quality of keeping of paper carriers where it is written, but also due to reliability of measurement results and methods of its registration. Paper carriers are not in the best state — at separate sheets ink darkened and faded, and due to illegible handwriting, it is difficult to make out written information. In separate files sheets were mixed up and stored without ordering by any indications, and this made it difficult to use the data for scientific research.

It was important to carefully sort out paper carriers, systemize them, input information to the electronic DB, and check its correctness, complete and, if possible, reconstruct missing information in order to improve the quality of each measurement and obtain valid dose estimates.

OBJECTIVE

Objective of research is to improve the electronic DB of WBC measurements made in 1986 by inputting of new information from paper carriers, reconstruction of information gaps, verification and analysis of new entered data, revision of internal exposure doses based on the results of WBC measurements made in 1986.

MATERIALS AND METHODS

DB of measurement results of intake of incorporated ^{137}Cs and ^{134}Cs , determined by WBC and annual internal exposure doses that are formed by their incorporation are stored as files with extension dbf.

Structure of DB comprises 41 fields [1, 2] with information on:

- > passport and biometric data of measured person;
- > devices and conditions of making measurements;
- > parameters and results of measurement.

Paper carriers with results of WBC measurements are stored in a form of: handwritten sheets-questionnaires of standard form filled with a ball pen (Fig. 1); tables with a seal of institution in marked general notebooks sewed with threads; tables printed out at a matrix printer (Fig. 2).

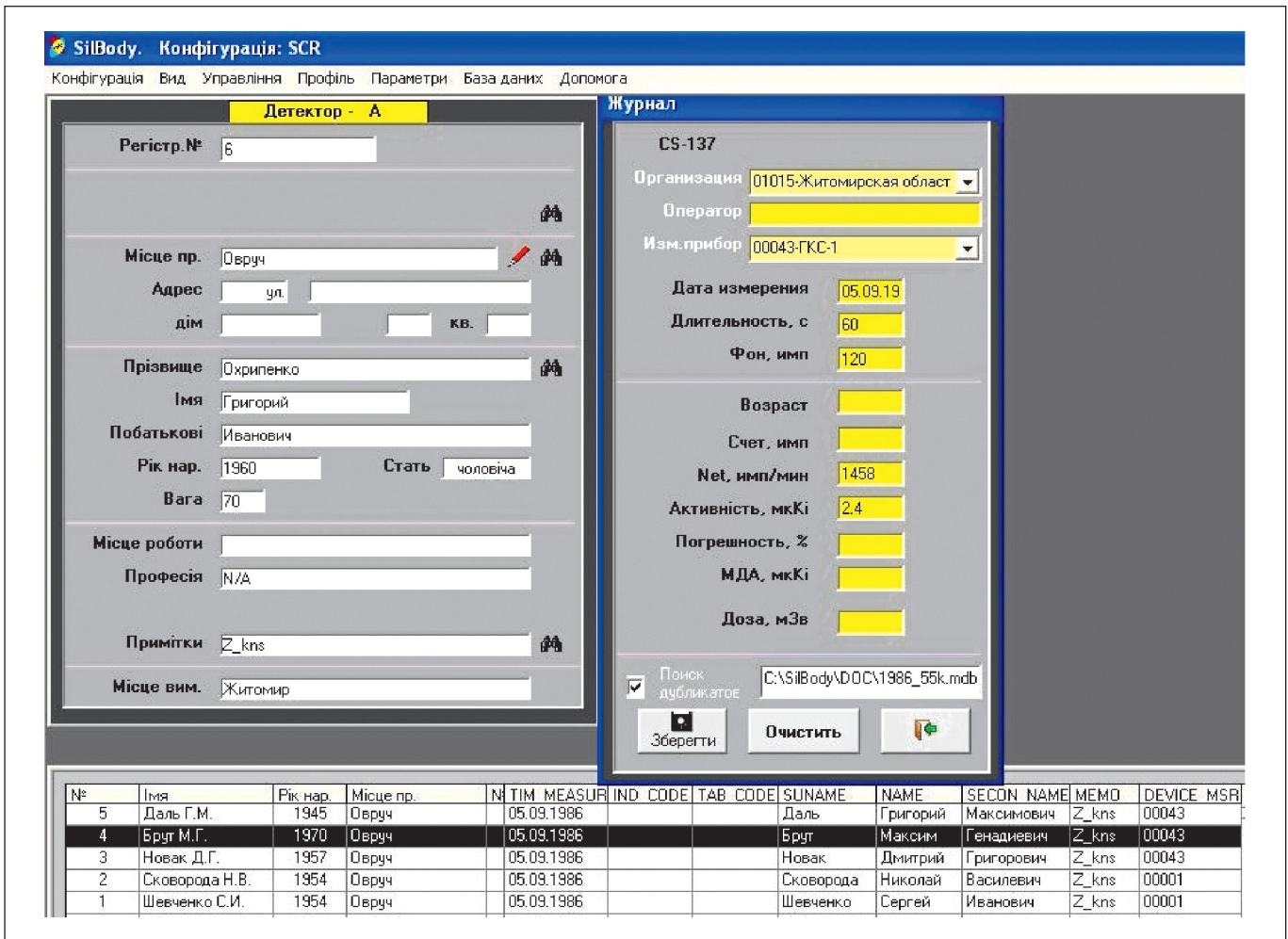


Рисунок 3. Інтерфейс програми Silbody для ручного вводу даних

Figure 3. Interface of the Silbody program for manual input of data

активно забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС територій. Модель розглядає процес міграції радіонуклідів цезію ланками харчового ланцюжка. При цьому враховуються основні процеси дозоутворення у 1986 р.: поверхневий тип забруднення рослинності і відсутність сільськогосподарських контрзаходів. Головними компонентами раціону, через які радіоцезій надходив до організму в цей період, були коров'яче молоко та листові овочі [5].

Основними параметрами еколого-дозиметричної моделі 1986 р. є:

- > щільність випадінь ^{137}Cs на ґрунті НП у 1986 р., $\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$;
- > референтні функції часової динаміки концентрації ^{137}Cs у коров'ячому молоці та листових овочах на $1 \text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$ випадінь ^{137}Cs на ґрунті, $\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}(\text{кг}^{-1})$ на $\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$;
- > добове споживання коров'ячого молока та листових овочів місцевого виробництва представниками вікової групи, до якої належить вимірювана особа, $\text{л}(\text{кг})\cdot\text{доба}^{-1}$.

contaminated as a result of the Chernobyl accident. The model deals with the migration process of cesium radionuclides along the links of meal chain. At that it is taken into account the main processes of the dose forming in 1986: surface type of plants contamination and absence of agricultural counteractions. Main ration components, through which radio-cesium entered the organism at that period, were cow's milk and leaf vegetables [5].

Main parameters of the ecological and dosimetric model of 1986 are as follows:

- > density of ^{137}Cs fallouts at the ground of a settlement in 1986, $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$;
- > referent functions of time dynamics of ^{137}Cs concentration is cow's milk and leaf vegetables on $1 \text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ of ^{137}Cs fallouts on the ground, $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}(\text{kg}^{-1})$ on $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$;
- > daily consumption of cow's milk and leaf vegetables of local production by representatives of the same age group, to which the measured person belongs, $\text{L}(\text{kg})\cdot\text{day}^{-1}$.

Сумарна доза внутрішнього опромінення враховувала внесок радіоізоотопів цезію ^{137}Cs і ^{134}Cs . Оскільки як метаболізм у організмі людини, так і міграційні характеристики у довкіллі цих радіонуклідів не відрізняються, то за наявності оцінок доз від радіоізоотопу ^{137}Cs , доза від ^{134}Cs розраховувалась за аналогією, з використанням фізичних характеристик ^{134}Cs (період радіоактивного напіврозпаду, дозовий коефіцієнт).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Після занесення записів про ЛВЛ-вимірювання 1986 р. з паперових носіїв у файли БД, було проведено перевірку відповідності інформації електронної бази та паперових носіїв. У першу чергу розглядали коректність введення місця проживання вимірюваної особи, яке ідентифікується адміністративним кодом населеного пункту (НП). Відсутність коду або його некоректне значення призводять до невизначеності місця проживання пацієнта. Використовуючи інформацію з пошукових сайтів мережі Інтернет було додатково поповнено та виправлено класифікатор кодів НП. Нові записи (їх було визначено понад 400) здебільшого відносились до НП Черкаської, Донецької, Одеської, Полтавської, Івано-Франківської областей [6].

Було перевірено та виправлено помилки при внесенні інформації про місце вимірювання для всіх новоуведених записів, переглянуто наявність прізвищ, імен та по батькові вимірюваних осіб (ПІБ), правильність їх написання. На жаль, через нерозбірливий почерк оператора в рукописних носіях інформації існує ймовірність допущення помилок при занесенні інформації про ПІБ. Окрема увага була приділена уточненню статі людини, яка проходила вимірювання, оскільки невизначеність статі може призвести до неточностей при відновленні інформації про масу тіла. Для тих вимірювань, де за формою запису ПІБ неможливо було визначити стать особи (відомі лише ініціали, а прізвище не вказує на стать людини), у відповідному полі проставлялась позначка «н» — невизначено.

Виконана перевірка даних щодо віку особи, дозволила виявити незначну кількість помилок при внесенні інформації про рік народження.

Окрім того, записи, внесені до електронної БД, були додатково перевірені на наявність дублікатів. Записи вважались різними, якщо дати проведення ЛВЛ-вимірювань при інших співпадаючих даних (НП вимірювання, адреса, ПІБ, рік народження, результат вимірювання тощо) відрізнялись

Total internal exposure dose took account for impact of radionuclides of cesium ^{137}Cs and ^{134}Cs . Since both metabolism in human organism and migration characteristics in environment of that radionuclides do not differ, under possession of dose estimates from ^{137}Cs radionuclide the dose for ^{134}Cs was computed similarly, using physical characteristics of ^{134}Cs (radioactive decay period, dose coefficient).

RESULTS AND DISCUSSION

After inputting of notes about WBC measurements of 1986 from paper carriers to files of DB, it was made verification of correspondence between the electronic base and paper carriers. First it was considered the correctness of input of the residence place for a measured person; the latter place is identified by the administration code of a settlement. Lacking of the code or its incorrect value causes ambiguity of the residence place of a patient. Using information from search Internet sites, it was additionally filled and corrected the classifier of settlements' codes. New notes (it was indicated over 400 of them) mainly dealt with settlements of Cherkasy, Donetsk, Poltava, and Ivano-Frankivsk Oblasts [6].

Some errors were detected during inputting of information on the place of measurement, it was checked the presence of persons' surnames, names and patronymics (SNP), and correctness of their spelling. Alas, due to illegible operator's handwriting in handwritten carriers of information, there is certain probability of making error in entered information about SNP. Peculiar attention was paid to clarifying of gender of a measured person, because uncertainty in gender can cause inaccuracy in reconstruction of information on the body mass. For those measurements where it was not possible to identify gender by a form of SNP record (when only initials are known and surname does not identify gender), in the corresponding field it was put «n» — not defined.

The performed check of data concerning person's age allowed detecting a small amount of errors in entered information on the year of birth.

Besides this, records that were inputted to the electronic DB were additionally checked on the presence of duplicate. Two records were regarded different if the dates of WBC measurements, under other identical data (settlement of measurement, address, full name, year of birth, result of measure-

більше ніж на тиждень. Дублікати записів видалялись з БД.

Розрахунок вмісту радіонуклідів у тілі людини або дози опромінення потребує інформації про масу тіла досліджуваної особи. Значна частина паперових носіїв не містять таких даних. У випадку відсутності зазначеної інформації, відповідне поле електронної БД заповнювалося на підставі статистичних даних про масу тіла осіб певного віку. При неможливості визначення статі досліджуваної особи маса тіла визначалась як середнє значення між масою жінок і чоловіків даного віку та типу НП.

Для оптимального вибору параметру маси при верифікації результатів було використано таблицю відповідності маси тіла віку особи, статі та типу НП, у якому проживає ця особа (місто чи село), створену нами на попередніх етапах роботи [2, 7] на основі наукових джерел [8–17]. З цією метою була створена спеціальна опція програми обробки БД ЛВЛ-вимірювань – Revisor Silbody [2].

Оскільки в 1986 р. вимірювання проводились у вимірювальному енергетичному інтервалі реєстрації сумарного радіоцезію – $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$, то цю сумарну активність необхідно було розподілити між вищезгаданими радіонуклідами. Відомо, що на момент аварії (26 квітня 1986 року) співвідношення активності ^{137}Cs та ^{134}Cs було 2:1. Період напіврозпаду ^{137}Cs складає 30,2 роки, ^{134}Cs – 2,06 роки [19]. Тому, враховуючи закон радіоактивного розпаду (1.1), можна записати систему двох алгебраїчних рівнянь з двома невідомими (1.2, 1.3),

$$A = A_0 \cdot \exp(-\ln(2) \cdot \frac{T}{T_{1/2}}), \quad (1.1)$$

$$\frac{A_{^{137}\text{Cs}}(T)}{A_{^{134}\text{Cs}}(T)} = \frac{A_{^{137}\text{Cs}}(T=T_0)}{A_{^{134}\text{Cs}}(T=T_0)} \cdot \frac{\exp(-\ln(2) \cdot \frac{T}{T_{^{137}\text{Cs}}})}{\exp(-\ln(2) \cdot \frac{T}{T_{^{134}\text{Cs}}})} = 2 \cdot \exp(\ln(2) \cdot T \cdot \frac{(30,2 - 2,06)}{30,2 \cdot 2,06}) \quad (1.2)$$

$$A_{\Sigma}(T) = A_{^{137}\text{Cs}}(T) + A_{^{134}\text{Cs}}(T), \quad (1.3)$$

де $A_{^{137}\text{Cs}}(T)$, $A_{^{134}\text{Cs}}(T)$ – активність окремих радіонуклідів ^{137}Cs , ^{134}Cs , Бк;

$A_{\Sigma}(T)$ – сумарна активність $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$, Бк;

A_0 – активність радіонукліду в момент часу $T=T_0$, тобто на 26.04.1986, Бк;

$T_{1/2}$ – період напіврозпаду радіонукліду, років;

T – час від аварії до проведення вимірювання, років.

ment, etc.), differed more than a week. Duplicates of records were deleted from DB.

Evaluation of intake of radionuclides in human body, or of exposure dose, needs information on the body mass of a person under investigation. Essential part of paper carriers does not contain such data. In the absence of such information, the corresponding field of the electronic DB was filled based on statistical data on the body mass of persons of certain age. Under uncertainty in gender, the body mass was assigned as a mean value of the body mass of women and men of given age and given type of settlement.

For optimal choice of a parameter of mass, in verification of results it was used a table of correspondence among the body mass, person's age, gender and the type of settlement where the person resides (urban or rural); we worked out such a table at previous stages of the work [2, 7] based on scientific sources [8–17]. For that purpose, it was created a special option of the program for processing DB of WBC measurements – Revisor Silbody [2].

Because in 1986 measurements were made in the measuring energetic interval of registration of total radio-cesium, $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$, this total activity was necessary to distribute between the two radionuclides. It is known that at the moment of accident (April 26, 1986) quotient of ^{137}Cs and ^{134}Cs activities was 2:1. Half-time of ^{137}Cs is 30.2 years, and of ^{134}Cs is 2.06 years [17]. Using the law of radioactive decay (1.1), one can write down a system (1.2), (1.3) of two algebraic equations with two unknowns,

where $A_{^{137}\text{Cs}}(T)$, $A_{^{134}\text{Cs}}(T)$ – activity of separate radionuclides ^{137}Cs , ^{134}Cs , Bq;

$A_{\Sigma}(T)$ – total activity $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$, Bq;

A_0 – radionuclide activity at the moment $T=T_0$, i.e., on 26.04.1986, Bq;

$T_{1/2}$ – half-time of a radionuclide, years;

T – time from the accident till the measurement, years.

З даної системи рівнянь визначається вклад кожного радіонукліду в сумарну активність. Для автоматизації процесу, на мові програмування VBA була написана додаткова опція для програми аналізу БД Revisor Silbody, яка розділяє внески ^{137}Cs та ^{134}Cs і прописує вираховані значення у відповідні поля.

Після ревізії 2013–2015 рр. БД 1986 року містила 29 776 записів. Здебільшого це результати ЛВЛ-вимірювань мешканців Київської – 65,5 %, Житомирської – 20,9 % та Чернігівської – 7,2 %, областей (табл. 1), і лише 6,4 % – інших областей України.

У 2019 р. до БД додатково було введено 10 736 записів про ЛВЛ-вимірювання, у 2020 р. – 15 101, у 2021 р. – 9 482. Усього за 2019–2021 рр. БД поповнено на 35 319 записів, що збільшило її обсяг у 2,2 раза. Найбільший обсяг нових записів стосується Київської області – 14 508 (41,1 %) (рис. 4). Менші обсяги ЛВЛ-вимірювань виконані в інших областях: Житомирська – 5 765 записів (16,3 %), Донецька – 3 036 записів (8,6 %), Черкаська – 2 480

From the system of equations, we find the impact of each radionuclide to the total activity. For automation, on program language VBA an additional option was written for the program of DB analysis, Revisor Silbody, which separates impacts of ^{137}Cs and ^{134}Cs and writes computed values in corresponding fields.

After revision of 2013–2015, DB of year 1986 contained 29.776 records. Mostly they were results of WBC measurements for residents of Kyiv Oblast – 65.5 %, Zhytomyr Oblast – 20.9 % and Chernihiv Oblast – 7.2 % (Table 1), and only 6.4 % of other Oblasts of Ukraine.

In 2019 it was additionally inputted to DB 10,736 records on WBC measurements, in 2020 – 15,101, in 2021 – 9,482. Totally in 2019–2021 it was inputted in DB 35,319 records, and this enlarged its size in 2.2 times. The largest amount of new records concerns Kyiv Oblast – 14,508 (41.1%) (Fig. 4). Smaller amounts of WBC measurements were made in other Oblasts: Zhytomyr – 5,765 records (16.3 %), Donetsk – 3,036 records (8.6 %), Cherkasy – 2,480

Таблиця 1

Обсяг інформації у базі даних результатів ЛВЛ-вимірювань 1986 р

Table 1

Amount of information in DB of results of WBC measurements in 1986

Область Oblast	Обсяг даних					усього в БД totally in DB
	за результатами ревізії 2013–2015 рр. results of revision in 2013–2015	новоуведені дані / new entered data (роки / years)			2019–2021	
		2019	2020	2021		
Вінницька / Vinnytsia	628	572	5	1	578	1206
Волинська / Volyn	0	5	0	4	9	9
Луганська / Luhansk	0	1	2	1	4	4
Дніпропетровська / Dnipropetrovsk	4	12	2	0	14	18
Донецька / Donetsk	0	0	1154	1882	3036	3036
Житомирська / Zhytomyr	6236	4049	223	1493	5765	12001
Закарпатська / Zakarpattia	0	5	9	7	21	21
Запорізька / Zaporizhzhia	0	5	0	0	5	5
Івано-Франківська / Ivano-Frankivsk	0	480	0	1307	1787	1787
Київська / Kyiv	19492	406	11879	2223	14508	34000
Кіровоградська / Kirovohrad	638	0	265	0	265	903
АР Крим / Crimea	0	1	5	5	11	11
Львівська / Lviv	149	140	8	1	149	298
Одеська / Odesa	2	1206	0	1176	2382	2384
Полтавська / Poltava	0	577	2	0	579	579
Рівненська / Rivne	469	1613	2	0	1615	2084
Сумська / Sumy	0	644	1	0	645	645
Тернопільська / Ternopil	2	7	0	261	268	270
Харківська / Kharkiv	0	636	1	0	637	637
Хмельницька / Khmelnytskyi	0	8	5	7	20	20
Черкаська / Cherkasy	1	1	1396	1083	2480	2481
Чернігівська / Chernihiv	2152	350	122	22	494	2646
Чернівецька / Chernivtsi	0	2	0	3	5	5
Інші / Others	3	16	20	6	42	45
Усього / Total	29776	10736	15101	9482	35319	65095

записів (7,0 %), Одеська – 2 382 записи (6,7 %), Івано-Франківська – 1 787 записів (5,1 %), Рівненська – 1 615 записів (4,6 %). Кількість ЛВЛ-вимірювань, виконаних у решті областей України, значно менші, але також важливі, оскільки є єдиним джерелом інформації щодо внутрішнього опромінення мешканців цих областей у 1986 р.

Аналіз структури новоуведених даних, виконаних у Київській області, показав, що найбільші обсяги стосуються Поліського – 2 567 записів (17,7 %), Чорнобильського – 2 359 записів (16,3 %), Васильківського – 1 843 записів (12,7 %), Ставищанського – 1 461 записів (10,1 %), Іванківського – 1 122 записів (7,7 %), Білоцерківського – 1 034 записів (7,1 %) районів та м. Київ – 2 206 записів (15,2 %) (рис. 5). Обсяги даних

records (7.0 %), Odessa – 2,382 records (6.7 %), Ivano-Frankivsk – 1,787 records (5.1 %), Rivne – 1,615 records (4.6 %). Number of WBC measurements made in the rest Oblasts of Ukraine is essentially less, but they are important as well, because they are the only source of information on internal exposure of residents of those Oblasts in 1986.

Analysis of structure of new entered data related to Kyiv Oblast showed that the largest amounts deal with Poliske – 2,567 records (17.7 %), Chornobyl – 2,359 records (16.3 %), Vasylykiv – 1,843 records (12.7 %), Stavyshe – 1,461 records (10.1 %), Ivankiv – 1,122 records (7.7 %), Bila Tserkva – 1,034 records (7.1 %) districts and the city of Kyiv – 2,206 records (15.2 %) (Fig. 5).

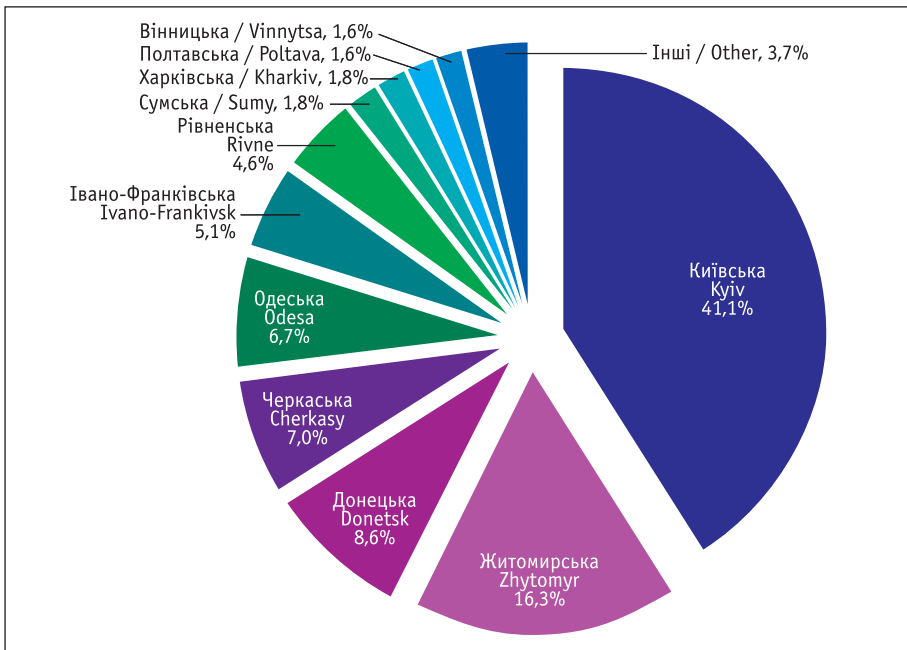


Рисунок 4. Розподіл обсягів записів результатів ЛВЛ-вимірювань 1986 р., внесених до електронної БД у 2019–2021 рр. за областями

Figure 4. Distribution in Oblasts for amount of records on WBC measurements in 1986 inputted to electronic DB in 2019–2021

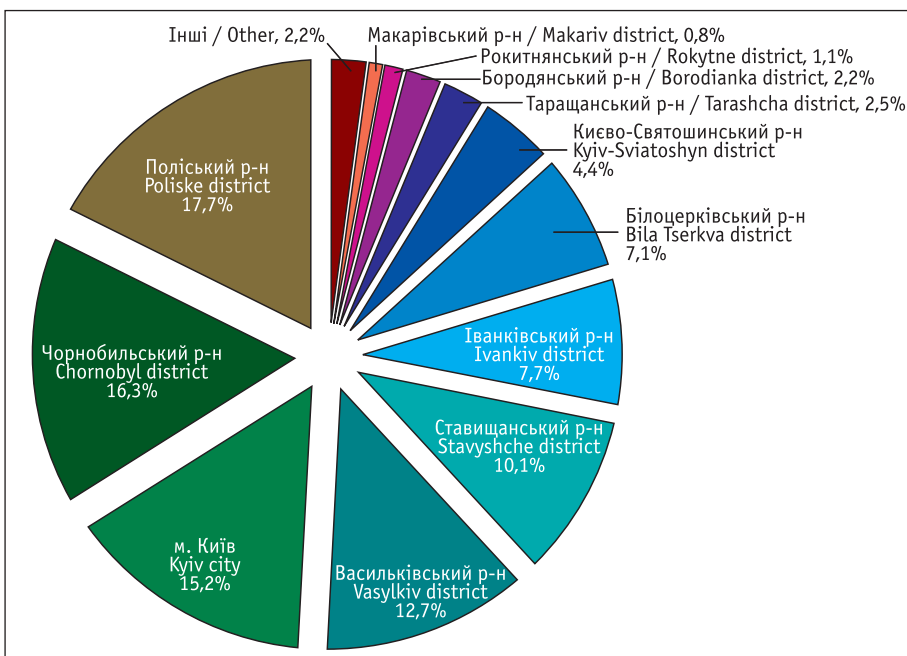


Рисунок 5. Розподіл обсягів записів результатів ЛВЛ-вимірювань 1986 р. у Київській області за районами

Figure 5. Distribution in districts of Kyiv Oblast for amount of records on WBC measurements in 1986

щодо результатів ЛВЛ-вимірювань у інших районах Київської області є меншими, проте вони також мають високу цінність для відновлення інформації про дози опромінення у цих районах у 1986 р.

Житомирська область на 88,7 % представлена результатами вимірювань у Народицькому районі. У Донецькій, Одеській, Харківській областях ЛВЛ-дослідження проведені, в основному, серед учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС та осіб, що були переміщені з радіоактивно забруднених територій. У Черкаській області 71,8 % новоуведених записів відноситься до Катеринопільського, Корсунь-Шевченківського і Тальнівського районів, у Івано-Франківській області 72,7 % записів виконано в Коломийському, Косівському і Снятинському районах, у Рівненській області 71,5 % – у Володимирецькому, Дубровицькому, Зарічненському, Рокитнівському та Сарненському районах.

У проведенні ЛВЛ-вимірювань було задіяно 37 організацій – виконавців робіт. Найбільші з них представлені на рис. 6. Більшу частину цих даних було отримано фахівцями Київської обласної лікарні – 5 160 записів (14,6 %) та Народицького територіально-медичного об'єднання – 5073 записів (14,3 %). Реєстром МОЗ України надано інформацію про 3 130 результатів ЛВЛ-вимірювань (8,9 %). Трохи менші обсяги виконано Київським НДІ клінічної і експериментальної хірургії (КЕХ), Одеською обласною клінічною лікарнею, Київським медичним інститутом, Черкаським та Івано-Франківським обласними онкодиспансерами, Рівненською обласною лікарнею, Київським НДІ кардіології, Київським НДІ гематології та ін.

Не вдалося відновити інформацію про організацію, яка проводила вимірювання, для 2 537 записів, що становить 7,2 % від усіх новоуведених.

Однією з характеристик, що вказує на достовірність вимірюваного значення вмісту інкорпорованого радіоцезію, є мінімальна детектована активність (МДА). Якщо отримані значення менші від МДА, то при аналізі результат вимірювання виражають через значення МДА [19–22]. Для відновлення значення МДА, у першу чергу, потрібна інформація про вимірювальний засіб, за допомогою якого проводилося вимірювання, яка не завжди була вказана на паперових носіях. У таких випадках проводилось зіставлення інформації про місце проведення вимірювання, організацію та операторів, які проводили вимірювання. Часто це давало можливість відновити інформацію про вимірювальний засіб. У випадку, коли це зробити було неможливо, тип вимірювального приладу визначався шляхом опитування опе-

Amounts of data on results of WBC measurements in other districts of Kyiv Oblast are less, but they also are very valuable for reconstruction of information on exposure doses in that districts in 1986.

Zhytomyr Oblast at 88.7 % is represented by results of measurements in Narodychi district. In Donetsk, Odessa and Kharkiv Oblasts, WBC investigations were made mainly among participants of liquidation of the Chernobyl accident and persons who were removed from radioactively contaminated territories. In Cherkasy Oblast, 71.8 % of new records concern Katerynopil, Korsun-Shevchenkivskiyi and Talne districts, in Ivano-Frankivsk Oblast 72.7 % of records are made in Kolomyia, Kosiv and Sniatyn districts, in Rivne Oblast 71.5 % of records – in Volodymyrets, Dubrovytsia, Zarichne, Rokytne and Sarny districts.

In making WBC measurements 37 institutions – executors of works were brought into play. The largest of them are presented in Fig. 6. Most of those data were obtained by experts of Kyiv Oblast hospital – 5.160 records (14.6 %) and Narodychi territorial medical unity – 5,073 records (14.3 %). Register of Ministry of Health of Ukraine provided information on 3,130 results of WBC measurements (8.9 %). A bit less amounts were made by Kyiv Research Institute of clinical and experimental surgery, Odessa Oblast clinical hospital, Kyiv medical institute, Cherkasy and Ivano-Frankivsk Oblast oncology dispensaries, Rivne Oblast hospital, Kyiv Research Institute of cardiology, Kyiv Research Institute of hematology and others.

We failed to reconstruct information about an institution that made measurements, for 2,537 records that constitute 7.2 % of all new ones.

One of characteristics that indicate the reliability of measured intake of incorporated radiocesium is minimal detected activity (MDA). If obtained values are less than MDA, then in analysis the result of measurement is expressed through the value of MDA [19–22]. To reconstruct the value of MDA, first information is needed about the measuring device, which was not always indicated at paper carriers. In such cases we compared information on the place of making measurement, institution and operators that made the measurement. Often that enabled to reconstruct information about measuring device. In case where that was impossible, a type of measuring device was determined by questioning of opera-

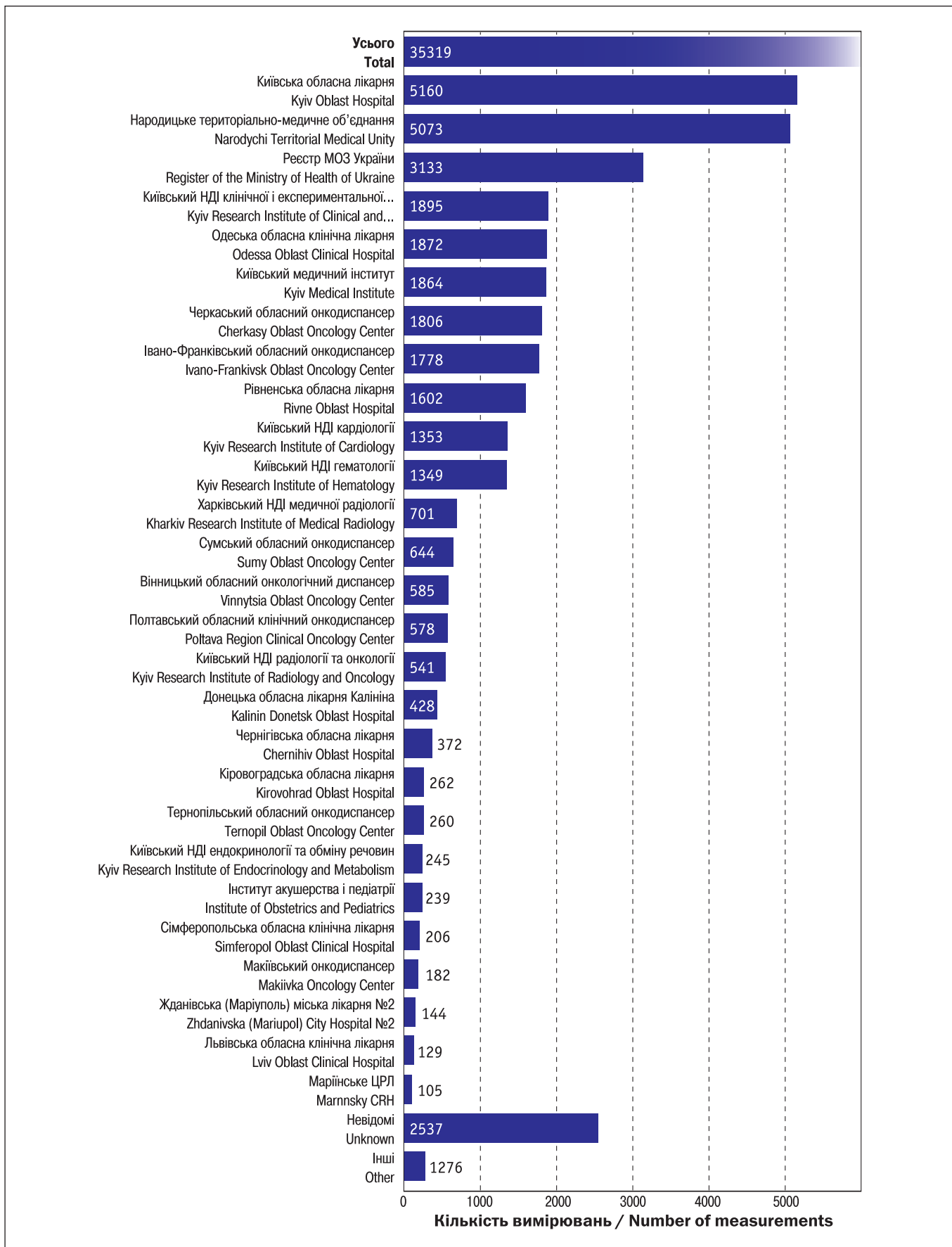


Рисунок 6. Розподіл обсягів новоуведених даних 1986 р. за організаціями

Figure 6. Distribution in institutions for amounts of new entered data of 1986

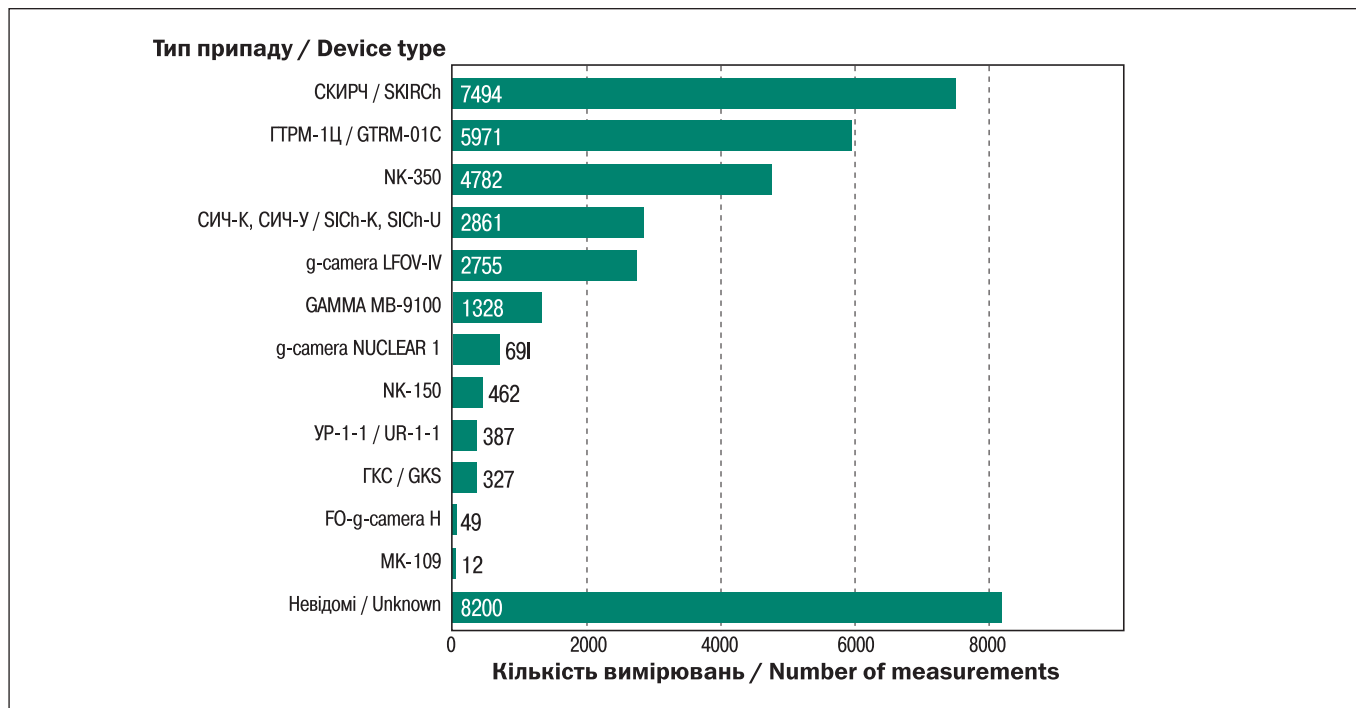


Рисунок 7. Обсяг новоуведених ЛВЛ-вимірювань 1986 р., виконаних з використанням різних типів вимірювальних засобів

Figure 7. Amount of inputted WBC measurements of 1986 made by different measuring devices

раторів та працівників установ, які були задіяні при проведенні ЛВЛ-вимірювань у 1986 році. Таким чином, нами було відновлено інформацію про прилади, що були застосовані при проведенні вимірювань і, відповідно, МДА для 27 119 записів (76,7 % від усіх) (рис. 7).

На жаль, відновити інформацію для решти 8 200 записів неможливо. У табл. 2 наведені значення МДА для приладів, що були використані у 1986 р. Частина цих значень була визначена у наших попередніх роботах [1, 2, 23]. Характеристики вимірювальних засобів ГТРМ-01Ц, СИЧ-К, СИЧ-У, NK-150, NK-350

tors and workers of institutions that took part in WBC measurements in 1986. Thus, we reconstructed information on devices used in measurements and, respectively, MDA for 27,119 records (76.7 % of all) (Fig. 7).

Alas, it seems impossible to reconstruct information for the rest 8,200 records. Table 2 presents MDA values for devices used in 1986. Part of those values was determined in our previous papers [1, 2, 23]. Characteristics of measuring devices GTRM-1C, SICH-K, SICH-U, NK-150, NK-350 were

Таблиця 2

Оцінка мінімально-детектованої активності ЛВЛ-вимірювань при використанні різних типів приладів

Table 2

Estimate of MDA for WBC measurements with different types of devices

Код приладу Code of device	Тип приладу Type of device	Обсяг результатів ЛВЛ-вимірювань Number of WBC measurements	МДА, Бк MDA, Bq
00001	СКИРЧ / SKIRCh	7494	1850
00003	ГТРМ-01Ц / GTRM-01C	5971	(0,0529*WEIGHT + 1,0824)*1000
00031, 00032	СИЧ-К, СИЧ-У / SICH-K, SICH-U	2861	1100
00043	ГКС / GKS	327	14060
00050	МК-109 / МК-109	12	1100
00051	NK-150 / NK-150	462	(0.0131*WEIGHT + 0.384)*1000
00053	NK-350 / NK-350	4782	(0.0131*WEIGHT + 0.384)*1000
00054	GAMMA MB-9100 / GAMMA MB-9100	1328	1850
00055	γ-камера LFOV-IV / γ-camera LFOV-IV	2755	1850
00056	γ-камера NUCLEAR 1 / γ-camera NUCLEAR 1	691	1850
00057	Φ0-γ камера H / FO-γ camera H	49	1850
00060	УР-1-1 / UR-1-1	387	3700

досліджувались нами у 2016-2018 рр. [24]. Для гамма-камер та СКИРЧ значення МДА приведені у паперових носіях. Для приладу ГКС та УР-1-1 за МДА було прийнято найменше зареєстроване значення вмісту радіоцезію, приведене у паперових носіях.

Останнім етапом роботи була оцінка якості даних щодо повноти інформації кожного виміру (запису) та присвоєння йому групи якості.

До групи 1 – «якісні», віднесено найповніше інформаційно насичені дані. Такі дані можуть бути використані при проведенні робіт з відновлення індивідуалізованих доз опромінення.

До групи 2 – «умовноякісні», було віднесено записи, які мають прогалини у відомостях:

- тип вимірювального засобу, що використовувався при вимірюванні, не був ідентифікований;
- не вказано ім'я та по-батькові особи;
- стать людини (чоловік, жінка) не була визначена.

Незалежно від того, чи увійшли записи про вимірювання до групи якості 2, вони перевірялися на приналежність до групи якості 3.

До групи 3 – «низькоякісні» – було віднесено усі записи, для яких:

- не визначене місце проживання;
- невідомий рік народження (у цьому випадку неможливо оцінити масу тіла, навіть приблизно, а отже й МДА).

Дані групи 3 мають невисоку наповненість полів і суттєві інформаційні прогалини, однак вони можуть бути використані для досліджень узагальнених показників: по району проживання, за віковими групами тощо.

У табл. 3 наведено кількісно-якісні характеристики новоуведених у 2019-2021 рр. записів про результати ЛВЛ-вимірювань 1986 року після відновлення інформаційних прогалин та верифікації.

До групи «якісні» було віднесено 18 598 записів (52,7 % від усіх новоуведених даних), до групи «умовноякісні» – 16 685 записів (47,2 % від усіх новоуведених).

До групи «низькоякісні» було віднесено 36 записів (0,1 % від усіх новоуведених), здебільшого через не-

studied by us in 2016-2018 [24]. For gamma-cameras and SKIRCh, MDA values are presented on paper carriers. For the devices GKS and UR-1-1, MDA was taken as the least registered value of radio-caesium intake given on paper carriers.

Estimation of data quality as to the completeness of information of each measurement (record) and assigning to it a group of quality was the last stage of work.

To group 1 – «qualitative» – we assigned the most data-intensive records. Such records can be used for reconstruction of individualized exposure doses.

To group 2 – «conditionally qualitative» – were assigned records with the following gaps in information:

- type of measuring device was not identified;
- the name and patronymic were not indicated;
- gender (male, female) was not indicated.

Independently of including of a record to the group 2, they were verified on belonging to a group 3 of quality.

To group 3 – «of low quality» – were assigned all records, for which:

- residence place was indefinite;
- birth year was unknown (in that case it is impossible to estimate the weight, even approximately, and hence MDA).

Data of group 3 have low completeness of fields and essential information gaps, but they can be used for study of generalized indicators: in district of residence, in age groups, etc.

Table 3 presents quantitative and qualitative characteristics of records inputted in 2019-2021 on results of WBC measurements of 1986 after reconstruction of information gaps and after verification.

To group «qualitative» it was assigned 18,598 records (52.7 % of all new entered), to group «conditionally qualitative» – 16,685 records (47.2 % of all new entered).

To the group «of low quality» it was assigned 36 records (0.1 % of all new entered), mostly due to

Таблиця 3

Розподіл новоуведених у 2019–2021 рр. результатів ЛВЛ-вимірювань 1986 р. за групами якості

Table 3

Distribution in groups of quality of inputting made in 2019–2021 on results of WBC measurements of 1986

Групи якості / Group of quality			Усього
«якісні» / «qualitative»	«умовно якісні» / «conditionally qualitative»	«низькоякісні» / «of low quality»	Total
18 598	16 685	36	35 319
52,7 %	47,2 %	0,1 %	100,0

визначене точно місце проживання (мешканці інших країн).

Дози внутрішнього опромінення, отримані населенням радіоактивно забруднених територій у 1986 р., коливаються залежно від НП проживання людини, ступеня радіоактивного забруднення ґрунтів і місцевих продуктів харчування. Спостерігаються значні розбіжності у величинах доз опромінення мешканців навіть у межах одного НП.

За даними БД ЛВЛ-вимірювань середні дози внутрішнього опромінення, отримані мешканцями Народицького району Житомирської області у перший рік після аварії, є найбільшими порівняно з іншими районами (табл. 4). Це стосується як дорослих мешканців району (3,95 мЗв), так і дитячого населення (3,17 мЗв). При цьому, медіанне значення розподілу доз для дорослих жителів, дорівнює лише 1,62 мЗв, а для дітей – 1,41 мЗв, тобто половина осіб, у яких проводились ЛВЛ-вимірювання, отримали дози, менші цієї величини. Переважна більшість (95 %) дорослих мешканців Народицького району, у яких проводились ЛВЛ-вимірювання у 1986 р., отримали дози в інтервалі 0,06–21,8 мЗв. Для осіб молодших 20 років такий інтервал становить 0,07–17,0 мЗв. Тобто, результати розрахунку свідчать про значну варіабельність доз внутрішнього опромінення мешканців цього району.

Іншими критичними за величиною дози внутрішнього опромінення у 1986 році є Зарічненський, Дубровицький і Рокитнівський райони Рівненської області. Середня доза, отримана дорослими (старше 20 років) жителями цих районів, становила 1,66; 1,54 та 1,52 мЗв відповідно. Середня доза опромінення значно більша у осіб молодших 20 років, які мешкають у цих районах, і дорівнює 3,88; 2,17 та 2,39 мЗв відповідно. Медіанні значення розподілу доз серед мешканців Зарічненського, Дубровицького і Рокитнівського районів, на відміну від Народицького, близькі до середнього значення і дорівнюють відповідно 1,27; 1,08; 1,10 мЗв (для дорослих старших 20 років) та 2,65; 1,47; 1,48 мЗв (для осіб молодших 20 років). Інтервал, у якому лежать 95 % значень доз опромінення дорослих жителів Зарічненського району, визначено від 0,42 до 5,3 мЗв. Він значно вужчий, але його нижня границя у 7 разів вища, ніж для ЛВЛ-вимірювань, виконаних у Народицькому районі. Схожі результати спостерігаються для розподілів доз внутрішнього опромінення дорослих мешканців Дубровицького (0,21–5,2 мЗв) та Рокитнівського (0,21–4,5 мЗв) районів.

Інтервали 95 % розподілу доз внутрішнього опромінення у осіб віком до 20 років на 1986 рік ста-

indefinite place of residence (residents of other countries).

Internal exposure doses that were obtained by the population of radioactively contaminated territories in 1986 vary depending on settlement and the rate of radioactive contamination of the ground and of local meal. Significant differences in exposure doses are observed even for residents of the same settlement.

According to DB of WBC measurements, mean doses of internal exposure obtained by residents of Narodychi district of Zhytomyr Oblast in the first year after the accident are the largest compared with other districts (Table 4). This holds both for adult residents of the district (3.95 mSv) and infant population (3.17 mSv). At that the median value of the dose distribution for adults is only 1.62 mSv and for children 1.41 mSv, i.e., a half of persons under WBC measurements obtained doses less than the indicated median value. Vast majority (95 %) of adult residents of Narodychi district, for which WBC measurement was made in 1986, obtained the doses within an interval 0.06–21.8 mSv. For persons younger than 20, the corresponding interval is 0.07–17.0 mSv. Thus, the evaluation results reflect a significant variability of internal exposure doses of inhabitants of the district.

Other critical by the value of internal exposure dose in 1986 are Zarichne, Dubrovysia and Rokytne districts of Rivne Oblast. Mean dose obtained by adult (older than 20) inhabitants of those districts is 1.66, 1.54 and 1.52 mSv, respectively. Mean exposure dose is significantly larger for persons younger than 20 that reside in those districts and equals to 3.88, 2.17 and 2.39 mSv, respectively. Median values of the dose distribution among inhabitants of Zarichne, Dubrovysia and Rokytne districts, unlike in Narodychi district, are close the mean values and are equal respectively 1.27, 1.08 and 1.10 mSv (for adults older than 20) and 2.65, 1.47, 1.48 mSv (for persons younger than 20). An interval containing 95 % of values of exposure doses for adult inhabitants of Zarichne district is determined from 0.42 to 5.3 mSv. It is much narrower, but its lower bound is 7 times higher compared with WBC measurements made in Narodychi district. Similar results are observed for distributions of internal exposure doses of adult inhabitants of Dubrovysia (0.21–5.2 mSv) and Rokytne (0.21–4.5 mSv) districts.

95 % intervals for distribution of doses of internal exposure for persons of age up to 20 years in

Таблиця 4

Обсяг інформації у базі даних результатів ЛВЛ-вимірювань 1986 р.

Table 4

Amount of information in DB of results of WBC measurements in 1986

Область Oblast	Район District	Кількість вимірювань Number of measurements	Доза внутрішнього опромінення, мЗв Internal dose, mSv				
			ArM	STD	q50%	q90%	q95%
Дорослі (≥ 20 років) / Adults (≥ 20 years)							
Житомирська / Zhytomyr	Житомирський / Zhytomyr	150	0,41	1,34	0,08	0,55	0,99
	Коростенський / Korosten	152	0,41	0,43	0,27	0,87	1,17
	Народицький / Narodychi	6404	3,95	7,42	1,62	10,0	15,5
	Овруцький / Ovruch	155	0,53	0,69	0,27	1,44	2,11
Київська / Kyiv	Білоцерківський / Bila Tserkva	767	0,13	0,22	0,03	0,40	0,60
	Бородянський / Borodianka	552	0,40	0,66	0,18	0,93	1,43
	Васильківський / Vasylkiv	793	0,12	0,19	0,10	0,17	0,26
	Вишгородський / Vyshhorod	117	0,80	2,19	0,14	1,14	6,83
	Іванківський / Ivankiv	3972	0,81	2,62	0,26	1,56	2,62
	Києво-Святошинський / Kyiv-Sviatoshyh	5263	0,21	0,57	0,12	0,36	0,61
	Миронівський / Myronivka	423	0,25	0,27	0,15	0,57	0,83
	Поліський / Poliske	4750	1,50	3,52	0,62	3,61	5,46
	Рокитнянський / Rokytne	686	1,00	2,02	0,72	1,79	2,41
	Таращанський / Tarashcha	749	0,69	1,19	0,25	1,93	2,80
Рівненська / Rivne	Володимирецький / Volodymyr	574	0,66	0,92	0,44	1,22	1,90
	Дубровицький / Dubrovytsia	122	1,54	1,51	1,08	3,13	4,09
	Зарічненський / Zarichne	108	1,66	1,2	1,27	3,48	4,02
	Рокитнівський / Rokytne	122	1,52	1,43	1,10	3,02	4,14
	Сарненський / Sarny	175	0,53	0,51	0,41	0,92	1,36
Черкаська / Cherkasy	Катеринопільський / Katerynopil	442	0,46	0,46	0,37	1,00	1,37
	Корсунь-Шевченківський / Korsun-Shevchenkivsky	584	0,17	0,18	0,13	0,27	0,39
	Тальнівський / Talne	533	0,20	0,16	0,12	0,37	0,50
	Черкаський / Cherkasy	228	0,28	0,39	0,13	0,75	0,88
Чернігівська / Chernihiv	Ріпкинський / Ripky	154	1,13	1,59	0,49	2,94	4,78
	Чернігівський / Chernihiv	708	0,36	0,71	0,17	0,74	1,14
Діти та молодь (< 20 років) / Children and young persons (<20 years)							
Житомирська / Zhytomyr	Народицький / Narodychi	4648	3,17	5,97	1,41	7,45	11,7
	Овруцький / Ovruch	193	0,55	0,78	0,27	1,36	1,85
Київська / Kyiv	Білоцерківський / Bila Tserkva	550	0,13	0,20	0,06	0,33	0,47
	Бородянський / Borodianka	168	0,55	0,70	0,29	1,32	1,73
	Васильківський / Vasylkiv	1050	0,28	1,08	0,19	0,38	0,59
	Іванківський / Ivankiv	3175	0,57	1,19	0,25	1,19	1,87
	Києво-Святошинський / Kyiv-Sviatoshyh	1488	0,24	0,28	0,20	0,31	0,45
	Миронівський / Myronivka	237	0,37	2,77	0,13	0,39	0,48
	Поліський / Poliske	4639	1,02	2,29	0,46	2,29	3,51
	Рокитнянський / Rokytne	727	1,09	1,63	0,85	1,85	2,23
Таращанський / Tarascha	187	1,00	1,67	0,32	2,45	3,69	
Рівненська / Rivne	Володимирецький / Volodymyr	113	1,14	0,84	0,88	2,62	3,06
	Дубровицький / Dubrovytsia	29	2,17	2,30	1,47	4,51	5,88
	Зарічненський / Zarichne	45	3,88	4,42	2,65	7,02	12,8
	Рокитнівський / Rokytne	45	2,39	2,83	1,48	4,58	6,15
	Сарненський / Sarny	25	1,24	1,19	0,85	2,82	3,79
Черкаська / Cherkasy	Корсунь-Шевченківський / Korsun-Shevchenkivsky	163	0,20	0,09	0,17	0,30	0,36
Чернігівська / Chernihiv	Ріпкинський / Ripky	25	1,22	1,57	0,78	2,45	3,77
	Чернігівський / Chernihiv	1508	0,98	1,57	0,56	2,25	3,27

новлять 0,67–18,8 мЗв (Зарічненський район), 0,34–12,3 мЗв (Дубровицький район) та 0,35–13,8 мЗв (Рокитнівський район). Вони є значно ширшими, ніж у дорослих мешканців цих же районів.

1986 constitute 0.67–18.8 mSv (Zarichne district), 0.34–12.3 mSv (Dubrovytsia district) and 0.35–13.8 mSv (Rokytne district), and they are much wider than for adult inhabitants of those districts.

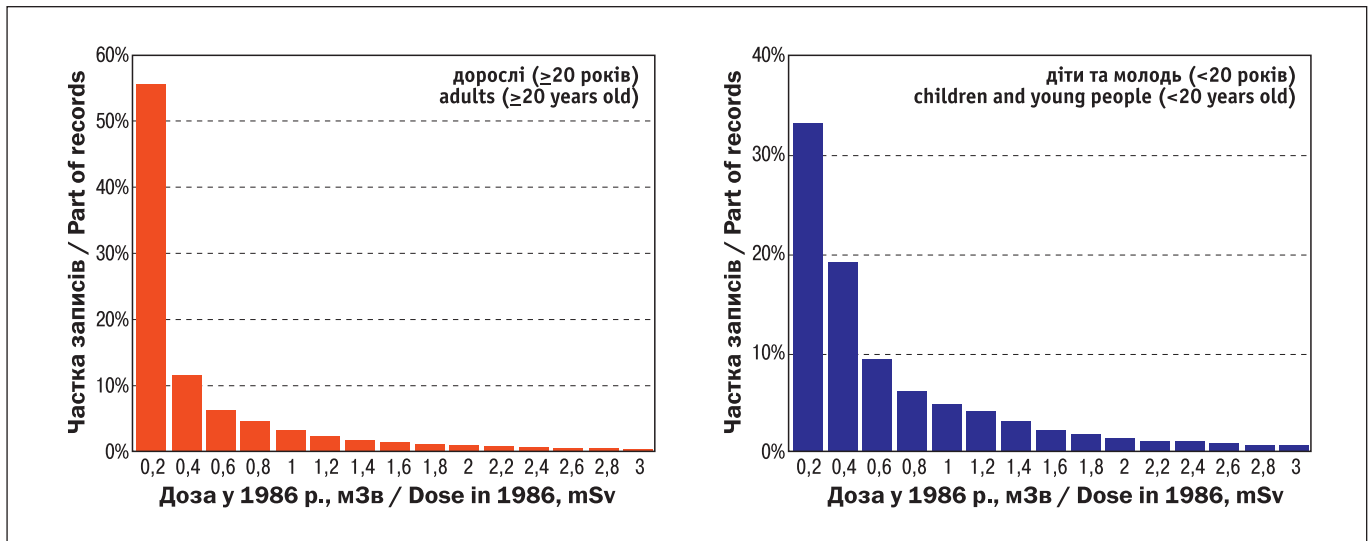


Рисунок 8. Розподіл БД ЛВЛ-вимірювань за інтервалами дози внутрішнього опромінення

Figure 8. Distribution by intervals of internal exposure dose in DB of WBC measurements

Таким чином, більшість мешканців Народицького району Житомирської області, а також Заріченського, Дубровицького і Рокитнівського районів Рівненської області у 1986 році отримали дозу внутрішнього опромінення більшу, ніж 1 мЗв, тобто таку, що перевищує ліміт дози, встановлений для населення НРБУ-97 [27].

Розподіл доз внутрішнього опромінення за даними БД ЛВЛ-вимірювань 1986 р. на рис. 8 показує, що 56 % дорослих осіб та 34 % осіб молодших 20 років, які проходили ЛВЛ-вимірювання, отримали дозу не більшу 0,2 мЗв. Дозу меншу 0,4 мЗв отримали 67 % дорослих та 53 % дітей. Дозу, яка не перевищує 1 мЗв, отримали 80 % дорослих та 73 % дітей.

У БД ЛВЛ-вимірювань за 1986 рік з урахуванням новоуведених даних наразі міститься майже 65 тис. записів.

ВИСНОВКИ

У 2019–2021 рр. до електронної БД результатів ЛВЛ-вимірювань, виконаних у 1986 р., додатково внесено 35 319 записів, що збільшило її обсяг у 2,2 раза (усього 65 050 записів). Це дані про результати вимірювань мешканців 24 областей України. Найбільші обсяги інформації отримані для Київської (41,1 %), Житомирської (16,3 %), Донецької (8,6 %), Черкаської (7,0 %), Одеської (6,7 %), Івано-Франківської (5,1 %) та Рівненської (4,6 %) областей. Організації, що провели ЛВЛ-вимірювання, представлені 37 установами, в основному підпорядкованими МОЗ України. Відновлено інформацію щодо приладів, які були застосовані при проведенні ЛВЛ-вимірювань, та МДА для 27 119

Thus, most of inhabitants of Narodychi district of Zhytomyr Oblast, and also of Zarichne, Dubrovytsia and Rokytne districts of Rivne Oblast in 1986 obtained internal exposure dose larger than 1 mSv, i.e., such one that exceeded the dose limit established for the population in the NRBU-97 [27].

Distribution of internal exposure doses in DB of WBC measurements of 1986 presented in Fig. 8 shows that 56 % of adults and 34 % of persons younger than 20, for whom WBC measurements were made, got the dose ≤ 0.2 mSv. A dose < 0.4 mSv was obtained by 67 % of adults and 53 % of infants. A dose ≤ 1 mSv was got by 80 % of adults and 73 % of children.

DB of WBC measurements for 1986 contains nearly 65 thousand records including new entered ones.

CONCLUSION

In 2019–2021 it was inputted additionally 35,319 records to the electronic DB of results of WBC measurements made in 1986, and this increased the volume of DB in 2.2 times (now it contains 65,050 records). Those are data on results of measurements for residents of 24 Oblasts of Ukraine. The largest amounts of information are obtained for Kyiv (41.1 %), Zhytomyr (16.3 %), Donetsk (8.6 %), Cherkasy (7.0 %), Odessa (6.7 %), Ivano-Frankivsk (5.1 %) and Rivne (4.6 %) Oblasts. It was 37 institutions that made WBC measurements; mainly they subordinate to the Ministry of Health of Ukraine. It is reconstructed information on devices used in WBC measurements and on MDA for 27,119 records (76.7 % of all WBC meas-

записів (76,7 % від усіх ЛВЛ-вимірювань). Відновлено інформацію про масу тіла для всіх вимірюваних осіб. Виконано розрахунок значень вмісту інкорпорованого ^{137}Cs та ^{134}Cs для всіх новоуведених записів БД ЛВЛ-вимірювань.

Проведено аналіз якості відновленої інформації. До групи «якісні» віднесено 18 598 записів (53 % від усіх новоуведених), до групи «умовноякісні» – 16 685 записів (47 % від усіх новоуведених) і лише 36 записів (0,1%) віднесено до групи «низькоякісні».

Для розрахунку доз опромінення осіб, включених до бази даних ЛВЛ-вимірювань, використано еколого-дозиметричну модель міграції радіоцезію у навколишньому середовищі у 1986 році та модель метаболізму радіоцезію в організмі людини. За результатами дозових розрахунків, дозу внутрішнього опромінення у 1986 році, яка не перевищує 1 мЗв, отримали 80 % дорослих осіб старших 20 років та 73 % дітей і молоді молодше 20 років.

Таким чином, 99,9 % результатів ЛВЛ-вимірювань, відновлених та новоуведених до електронної БД, визначені як «якісні» та «умовноякісні» і можуть бути використані для подальших клінічних, епідеміологічних та інших наукових досліджень.

Фінансування

Робота виконана за фінансової підтримки Національної академії медичних наук України, державні реєстраційні номери НДР: № 0119U100858 та № 0119U100517; О. Г. Кукуш отримував фінансування від Національного фонду досліджень України – грант № 2020.02/0026.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розробка системи верифікації результатів масових ЛВЛ-вимірювань, які проводились з 1986 р. на радіоактивно забруднених територіях України, та повний аналіз, ревізія й уніфікація відповідних баз даних : звіт про НДР (заключний): НДР № 534 / ДУ «ННЦРМ НАМН України»; керівник : Ліхтарьов І. А. Київ, 2015. 198 с. № ДР 0113U002325.
2. Розробка та впровадження системи верифікації результатів масових ЛВЛ-вимірювань для створення бази даних ревізованих індивідуальних доз внутрішнього опромінення населення України (1986-2014 рр.) : звіт про НДР (остаточний) : НДР № 570 / ДУ «ННЦРМ НАМН України»; керівник : Василенко В. В. Київ, 2018. 152 с. № ДР 0116U002475.
3. Дози опромінення / І. А. Ліхтарьов, В. В. Василенко, М. Я. Циганков та ін. *Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986-2011* : монографія / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. Тернопіль: ТДМУ, 2011. С. 35–64.

urements). It is reconstructed information on the body mass for all measured persons. It is made evaluation of intake of incorporated ^{137}Cs and ^{134}Cs to all new entered records to DB of WBC measurements.

It is made the quality analysis of the reconstructed information. To the group «qualitative» it was assigned 18,598 records (53 % of all new entered), to the group «conditionally qualitative» – 16,685 records (47 % of all new entered), and only 36 records (0.1 %) were assigned to the group «of low quality».

To evaluate the exposure dose of persons included to DB of WBC measurements, it was used the ecological and dosimetric model for radio-cesium migration in environment in 1986, as well as the model for radio-cesium metabolism in a human organism. According to results of dose evaluations, a dose of internal exposure in 1986 that does not exceed 1 mSv was obtained by 80 % of adults older than 20 and by 73 % of children and youngsters younger than 20.

Thus, 99.9 % of results of WBC measurements, which are reconstructed and inputted to the electronic DB, are determined as «qualitative» and «conditionally qualitative» and can be used for further clinical, epidemiological and other research.

Funding

This work was funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, state registrations # 0119U100858 and # 0119U100517; for A. G. Kukush this work was funded by the National Research Fund of Ukraine grant #2020.02/0026.

REFERENCES

1. National Research Center for Radiation Medicine of the NAMS of Ukraine; I. A. Likhtariov, Head of research work. [Designing of mass WBC measurements results verification system that have been performed on contaminated regions of Ukraine since 1986 and full analysis, revision and unification of relevant databases] [Report on research work (final): Code 534; SR No 0113U002325.]. Kyiv; 2015. 198 p. Ukrainian.
2. National Research Center for Radiation Medicine of the NAMS of Ukraine; Vasylenko V. V., Head of research work. [Design and implementation of mass WBC-measurements results verification system to create data base with revised internal exposure individual doses in Ukrainian population (over 1986-2014 years)] [Report on research work (final): Code 570; SR No 0116U002475]. Kyiv; 2018. 152 p. Ukrainian.
3. Likhtarov IA, Kovgan LM, Chumak W, Vasylenko W, Nechaev SYu. Doses of exposure. In: Serdiuk A, Bebeshko V, Basyka D, Yamashita

4. Дози опромінення населення / І. А. Ліхтарьов, Л. М. Ковган, С. В. Масюк та ін. *25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього*. Київ : KIM, 2011. С. 116–125.
5. Ковган Л. М. Еколого-дозиметричні моделі опромінювання населення у разі глобальної радіаційної аварії (за досвідом Чорнобильської катастрофи) : дис. ... д-ра техн. наук : Київ, 2005. 271 с.
6. Ковган Л., Ліхтарьов І. Чорнобиль-орієнтований комплекс еколого-дозиметричних моделей та узагальнені оцінки доз опромінення населення України в результаті Чорнобильської аварії (1986-2000 рр.). *Ядерная и радиационная безопасность*. 2004. Т. 7, № 3. С. 13–25.
7. Методика реконструкції індивідуалізованих доз опромінення осіб, що мешкають на радіоактивно забруднених територіях України / О. М. Іванова та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2018. Вип. 23. С. 167–187.
8. Державний класифікатор об'єктів адміністративно-територіального устрою України. URL: <http://dovidnyk.in.ua/directories> (дата звернення 01.10.2020).
9. Результати ЛВЛ-вимірювань, проведених на радіоактивно забруднених територіях України у 1986-2014 рр. (ревізія та аналіз) / В. В. Василенко, С. В. Масюк, О. М. Іванова та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2018. Вип. 23. С. 120–138.
10. Педиатрия: учебник для медицинских ВУЗов / под ред. Н. П. Шабалова. Спб. : СпецЛит, 2003. 893 с. ISBN 5_299_00261_0.
11. Польша Н. С., Платонова А. Г. Физическое развитие школьников Украины. Пространственно_временные и морфофункциональные особенности. Киев : Генеза, 2015. 272 с. ISBN 978_966_11_0554_5.
12. Госкомстат взвесил украинцев: вес мужчин и женщин существенно отличается от нормы. URL: <http://www.aif.ua/health/life/991966>. (дата обращения 15.09.2018).
13. Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2003_2006 / Margaret A. McDowell, Cheryl D. Fryar, Cynthia L. Ogden, Katherine M. Flegal. *National Health Statistics Reports*. 2008. No 10. P. 1–48.
14. Нормы роста детей: данные ВООЗ. URL: http://www.who.int/child_growth/standards/weight_for_age/ru/ (last accessed 15.09.2018).
15. Шамсиев С. Ш., Шабалов Н. П., Эрман Л. В. Руководство для участкового педиатра. Томск : Медицина, 1989. 587 с. ISBN 5_63800087_9.
16. Мазурин, А. В., Воронцов И. М. Пропедевтика детских болезней. М. : Медицина, 1985. 432 с.
17. Педиатрия / под ред. Дж. Грефа. М. : Практика, 1997. 912 с. ISBN 5_89816_007_8.
18. Тонкова Ямпольская Р. В., Черток Т. Я. Ради здоровья детей: пособие для воспитателя детского сада. М. : Просвещение, 1985. 128 с.
- S, editors. *Health effects of the Chernobyl accident*. Kyiv: DIA; 2011. p. 21-50.
4. Likhtarov IA, Kovgan LM, Masiuk SV, Chepurny MI, Vasylenko W. Population irradiation doses. In: *Twenty-five years after Chernobyl accident.: Safety for the future*. National Report of Ukraine. Kyiv: KIM; 2011. p. 102-109.
5. Kovgan LM. [Ecological and dosimetric models of radiation of the population in the event of a global radiation accident (based on the experience of the Chernobyl disaster)] : the dissertation author's abstract ... of the doctor of technical sciences : 21.06.01. Kyiv: Institute of nuclear power plants safety problems; 2005. 39 p. Ukrainian.
6. Kovgan L, Likhtarov I. [Chernobyl-oriented complex of ecological and dosimetric models and generalized estimates of radiation doses for the Ukrainian population as a result of the Chernobyl accident (1986-2000)]. *Nuclear and Radiation Safety*. 2004;7(3):13-25.
7. Ivanova OM, Masiuk SV, Kovgan LM. Methodology of reconstruction of individualized exposure doses for persons residing at radioactively contaminated territories of Ukraine. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2018; 23:167-187.
8. [State classifier of objects of administrative-territorial structure of Ukraine]. [Internet]. Available at: <http://dovidnyk.in.ua/directories> (last accessed 01.10.2020). Ukrainian.
9. Vasylenko W, Masiuk SV, Ivanova OM et al. Results of WBC measurements were made at radioactively contaminated territories of Ukraine in 1986-2014 (revision and analysis). *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2018;23:120-138.
10. Shabalova NP, editor. [Pediatrics]. St. Petersburg: Spetslit; 2003. 893 p. Russian.
11. Polka NS, Platonova AG. [Physical development of school children in Ukraine. Spatiotemporal and morphofunctional features]. Kyiv: Geneza; 2015. 272 p. Russian.
12. [The State Statistics Committee has weighed the Ukrainians: the weight of men and women differs significantly from the norm]. [Internet]. Available at: <http://www.aif.ua/health/life/991966> (last accessed 15.09.2018). Russian.
13. Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2003-2006 / Margaret A. McDowell, Cheryl D. Fryar, Cynthia L. Ogden, Katherine M. Flegal. *National Health Statistics Reports*. 2008. No 10. P. 1-48.
14. Child growth standards: WHO data. [Internet]. Available at: http://www.who.int/childgrowth/standards/weight_for_age/en/ (last accessed 15.09.2018).
15. Shamiev SSh, Shabalov NP, Erman LV. [Guide for the district pediatrician]. Tomsk: Meditsina; 1989. 587 p. Russian.
16. Mazurin AV, Vorontsov IM. [Propedeutics of childhood diseases]. Moscow: Meditsina; 1985. 432 p. Russian.
17. Gref J, editor. [Pediatrics]. Moscow: Praktika; 1997. 912 p. ISBN 5-89816-007-8. Russian.
18. Tonkova-Yampolska RV, Chertok TYa. [For the sake of children's health]: a guide for a kindergarten teacher. Moscow: Prosveschenie; 1985. 128 p. Russian.

19. Таблицы роста и веса девочек и мальчиков от 2 лет до 20 лет. URL: <http://www.tomall.ru/paper.php?cod=22> (дата обращения 15.09.2018).
20. Моисеев А. А. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене / А. А. Моисеев, В. И. Иванов. М. : Энергоатомиздат, 1990. - 252 с.
21. Минимальная измеряемая активность. Понятие и использование в радиометрии / Е. И. Григорьев и др. *Аппаратура и новости радиационных измерений*. 1995. № 4. С. 52–58.
22. Currie L. A. Limits for qualitative detection and quantitative determination: application to radiochemistry. *Anal. Chem.* 1968. Vol. 40, no. 3. P.586–593.
23. Минимальная детектируемая активность. Основные понятия и определения / А. Г. Исаев, В. В. Бабенко, А. С. Казимиров и др. *Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля*. 2010. Вип. 13. С. 103–110.
24. Zimmer W. H. LLD versus MDA / EG&G ORTEC Systems Application Studies. PSD No. 14. Oak Ridge, Tennessee : 1980. 156 p.
25. Експериментальне відновлення процедури проведення ЛВЛ-вимірювань 1986 року / В. В. Василенко, О. М. Иванова, Л. О. Литвинець та ін. // *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2016. Вип. 21. С. 119–131.
26. О. В. Ковальський, Мечев Д. С., Данилевич В. П. Радіологія. Променева терапія. Променева діагностика. Київ, 2006. 100 с.
27. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. Київ, 1998. 135 с.
19. [Tables of height and weight of girls and boys from 2 years to 20 years]. [Internet]. Available at: <http://www.tomall.ru/paper.php?cod=22> (last accessed 15.09.2018). Russian.
20. Moiseev AA, Ivanov VI. [Reference book on dosimetry and radiation hygiene]. Moscow: Energoatomizdat; 1990. 252 p. Russian.
21. Grigorev E.I. et al. [Minimum measurable activity. Concept and use in radiometry]. *Equipment and news of radiation measurements*. 1995;4:52-58. Russian.
22. Currie LA. Limits for Qualitative Detection and Quantitative Determination: Application to Radiochemistry. *Anal Chem*. 1968;40(3):586-593.
23. Isaev AG, Babenko VV, Kazimirov AS, Grishyn SN, Ilevlev SM. [Minimum detectable activity. Basic concepts and definitions]. *Safety Problems of Nuclear Power Plants and Chernobyl*. 2010; 13: 103-110. Russian.
24. Zimmer W. H. LLD versus MDA / EG&G ORTEC systems application studies. PSD No. 14. OakRidge: Tennessee; 1980. 156 p.
25. Vasynenko VV, Ivanova OM, Lytvynets LO, Pikta VO, Zadorozhna GM, Chepurnyi MI, Likhtariov IA. Experimental reconstruction of historical WBC measuring procedure in 1986. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2016;21:119-131.
26. Kovalskyi OV, Mechev VP, Danilevich VP. [Radiology. Radiation Therapy. Radiation Diagnostics]. Kyiv; 2006. 100 p. Ukrainian.
27. [Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97). State hygiene standards. DGN 6.6.1.-6.5.001-98]. Kyiv; 1998. 198 p. Ukrainian.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Василенко Валентина Володимирівна, кандидат технічних наук, завідувач лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Курята Микола Сергійович, науковий співробітник лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Морозов Віктор Віталійович, молодший науковий співробітник лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Литвинець Леонід Олександрович, кандидат технічних наук, науковий співробітник лабораторії лічильників випромінювання людини відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Крамаренко Марія Степанівна, інженер відділення дозиметрії клініки ННЦРМ, м. Київ

Міщенко Ліна Петрівна, завідувач відділення дозиметрії клініки ННЦРМ, м. Київ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valentyna V. Vasylenko, Candidate of Science (Engineering), Head of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Mykola S. Kuriata, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Viktor V. Morozov, Junior Research Associate of the Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Leonid O. Lytvynets, Candidate of Sciences, Research Fellow of the Whole Body Counter Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Marija S. Kramarenko, Engineer of the Dosimetry Branch of Clinics, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Lina P. Mischenko, Head of the Dosimetry Branch of Clinics, NNCRM, Kyiv, Ukraine

Іванова Ольга Миколаївна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії радіологічного захисту відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Бойко Зулфіра Набіуллівна, старший науковий співробітник лабораторії радіологічного захисту відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Будерацька Валентина Борисівна, науковий співробітник лабораторії радіологічного захисту відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Кукуш Олександр Георгійович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математичного аналізу Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Чепурний Микола Іванович, науковий співробітник лабораторії радіологічного захисту відділу дозиметрії і радіаційної гігієни, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Olha M. Ivanova, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Associate of the Radiological Protection Laboratory, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Zulfira N. Boiko, Senior Research Associate of the Radiological Protection Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Valentyna B. Buderatska, Research Associate of the Radiological Protection Laboratory, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Alexander G. Kukush, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor of Department of Mathematical Analysis, Taras Shevchenko National University of Kyiv

Mykola I. Chepurny, research associate, Laboratory for Radiological Protection, Dosimetry and Radiation Hygiene Department, Health Physics and Epidemiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Стаття надійшла до редакції 27.07.2021

Received: 27.07.2021