

УДК 614.876 :621.039.586(477)

Н. В. Гунько✉*Державна установа “Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України”, вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна*

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗОВАНОГО ПЕРЕСЕЛЕННЯ В УКРАЇНІ ЖИТЕЛІВ ІЗ ЗОНИ БЕЗУМОВНОГО (ОБОВ’ЯЗКОВОГО) ВІДСЕЛЕННЯ ЯК ЗАХОДУ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Мета. Метою дослідження була оцінка з позицій радіаційної біології ефективності організованого переселення жителів із зони безумовного (обов’язкового) відселення як заходу протирадіаційного захисту населення після аварії на Чорнобильській АЕС.

Матеріали й методи. Інформаційною базою дослідження стали законодавчі та нормативно-методичні документи, що регламентують проведення організованого переселення жителів із радіоактивно забруднених територій України; дані Державної служби статистики України щодо термінів та обсягів переселення жителів із радіоактивно забруднених населених пунктів. Джерелом інформації для розрахунків відвернутих доз за рахунок переселення стали узагальнені за 1986–1997 рр. та до 2055 р. дані щодо ретроспективно-прогнозних доз опромінення жителів населених пунктів України, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи. Використано комплекс методів теоретичного дослідження й аналізу емпіричних даних, розрахунковий, системний та медико-біологічний підходи.

Результати й висновки. Показано, що з позиції радіаційної біології обов’язкове переселення жителів із зони безумовного (обов’язкового) відселення (далі зона 2) для призупинення опромінення як засіб захисту населення від дії аварійного іонізуючого випромінювання внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС було науково обґрунтованим й доцільним. Відсутність в країні даних щодо індивідуальних доз опромінення переселенців зменшує можливість оцінки ефективності організованого переселення з позиції “доза-ефект” та принципу “користь-шкода”. Найбільш ефективним з точки зору рівня відвернутої дози за життя було переселення у 1990 та 1991 рр. Завдяки переселенню відвернута доза за життя у найбільш вразливої з радіобіологічних позицій до дії іонізуючого випромінювання групи потерпілих внаслідок Чорнобильської катастрофи (діти у віці 0 років на момент аварії) коливалась від 11,2 до 28,8 мЗв (розраховано для Переїздівської сільської ради Житомирської області). Після 2000 р. переселення майже не проводилося й досі не здійснено в передбачених обсягах. Відстрочення переселення та його незавершеність знизили ефективність цього заходу в системі протирадіаційного захисту населення.

Ключові слова: радіоактивно забруднені території, зона безумовного (обов’язкового) відселення, переселення населення, відвернуті дози опромінення.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2015. Вип. 20. С. 174–184.

✉ Гунько Наталія Володимирівна, e-mail: gunko@lanet.kiev.ua

N. V. Gunko✉

State Institution “National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Melnykov str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine

Efficacy evaluation of managed population shift in Ukraine from zone of obligate (compulsory) resettlement as a measure of public radiation protection

Objective. Evaluation of efficacy of the managed population transmigration from zone of obligate (compulsory) resettlement as a measure of civil protection after the Chernobyl NPP accident from the perspective of radiation biology.

Materials and methods. Legislative and statutory-tutorial documents that regulate the managed population shift from radiologically contaminated territories of Ukraine and data from the Ukrainian State Service of Statistics on time limits and scopes of population transmigration from contaminated settlements were the informational background of the study. Data on retrospective and expected/anticipated radiation doses in population of settlements exposed to radiological contamination in Ukraine after the Chernobyl disaster summarized for the 1986–1997 period and up to 2055 were the information source for calculation of averted doses due to population shift. Battery of basic research empirical evidence review methods was applied under the calculation, systemic, and biomedical approach.

Results and conclusions. Population shift from zone of obligate (compulsory) resettlement (hereafter referred to as Zone 2) to stop the radiation exposure as a tool of civil protection from emergency ionizing radiation after the Chernobyl NPP accident was scientifically substantiated and expedient from the perspective of radiation biology. Estimability of a managed population shift from “dose-effect” perspective and “benefit/harm” principle is worse because of data absence on individual radiation doses to migrants in the country. Public shift in 1990 and 1991 was most effective from the viewpoint of level of averted lifetime dose. Due to transmigration the averted lifetime dose to the most vulnerable group of the Chernobyl disaster survivors i.e. children aged 0 years varied from 11.2 to 28.8 mSv (calculated for the Perejizdiv village council of Zhytomyr province). Since 2000 there was almost no public shift being not accomplished in the scheduled scope. Delay and incompleteness of transmigration have diminished the efficacy of this measure in the framework of radiological protection of population.

Key words: radiologically contaminated territories, zone of obligate (compulsory) resettlement, population shift, averted radiation doses.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2015;20:174-184.

ВСТУП

У квітні 1986 р. після аварії на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС) в Україні склалася надзвичайно складна радіологічна ситуація, що потребувала введення комплексу заходів протирадіаційного захисту населення. Важливим аспектом подолання її наслідків стало застосування урядом таких заходів захисту населення як евакуація (термінове організоване примусове виселення) в перші два місяці та організоване переселення (гарантоване та добровільне) після 1990 р.

Без сумніву в системі протирадіаційного захисту всього світу захист населення відстанню, у т. ч. і шляхом переселення¹, посідає особливе місце. Тому аналіз досвіду його проведення в Україні є важливими для світового співтовариства. Згідно викладеного

INTRODUCTION

An extraordinary complicated radiological situation occurred in April 1986 in Ukraine requiring introduction of comprehensive set of measures on radiological protection of the population. Population evacuation i.e. the emergent public shift within two months and organized resettlement of population (guaranteed and voluntary) since 1990 became an important aspect of situation overcoming.

Establishing a buffer distance (which includes public shift¹) is undoubtedly of especial importance in a system of radiological protection worldwide. Therefore review of experience of its management in Ukraine is important for the world

¹ Переселення (в радіаційній безпеці) – захід захисту населення шляхом переселення людей на невизначено довгий термін чи на постійне місце проживання з радіаційно забруднених територій до регіонів з низькими (нульовими) величинами індивідуальних доз аварійного опромінення з метою запобігання хронічного опромінення [1].

¹ Public shift (in radiation safety) is an arrangement of public radiological protection by dint of people resettlement for an uncertainly long period or to a permanent residence from radiologically contaminated territories to the regions with low (equal to zero) levels of individual doses of accidental exposure with a view to avert chronic irradiation [1].

вище, необхідність оцінки ефективності переселення жителів з територій країни, які за радіаційним чинником було визнано радіаційно небезпечними і на них було неможливе подальше проживання населення, одержання сільськогосподарської та іншої продукції, продуктів харчування, що відповідають державним та міжнародним допустимим рівням вмісту радіоактивних речовин, або недоцільно використовувати в господарських цілях (зона 2¹), як засобу захисту населення з позицій радіаційної біології не викликає сумніву.

МЕТА

Метою дослідження була оцінка з позицій радіаційної біології ефективності організованого переселення жителів із зони 2 як заходу протирадіаційного захисту населення після аварії на ЧАЕС.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інформаційною базою дослідження стали законодавчі та нормативно-методичні документи, що регламентують проведення організованого переселення жителів із радіоактивно забруднених територій України; дані Державної служби статистики України (раніше Державний комітет статистики України) щодо термінів та обсягів переселення жителів із радіоактивно забруднених населених пунктів. Джерелом інформації щодо рівнів забруднення населених пунктів зони 2 та величин середньорічних сумарних (від зовнішнього та внутрішнього опромінення) значень пожиттєвих доз² опромінення їх населення для періоду 1986–2055 рр. була публікація [3].

Величини відвернутих за рахунок переселення доз розраховано як різницю між потенційною пожиттєвою дозою дитини народженої у 1986 р., яку вона могла б отримати за життя (впродовж 70 років), при відсутності захисних заходів починаючи з 1986 р., і отриманою за час проживання на радіоактивно забруднених територіях до переселення за формулою:

$$B_d = D_{70\text{років}} - D_{O(1986+1987+X\text{роки})} \quad (1)$$

community. In line with the above it is undoubtedly necessary to estimate from a standpoint of radiation biology the efficacy of population shift from country territories recognized as radiologically hazardous (by radiation factor) where further living of people, farming or other manufacture of products including foodstuffs conforming the state or international standards of radionuclide content is impossible otherwise their use economic purposes is expedient (Zone 2¹) as a tool of population protection.

OBJECTIVE

Evaluation of efficacy of the managed population transmigration from zone 2 as a measure of civil protection after the Chernobyl NPP accident from the perspective of radiation biology.

MATERIALS AND METHODS

Legislative and statutory-tutorial documents that regulate the managed population shift from radiologically contaminated territories of Ukraine and data from the Ukrainian State Service of Statistics (former State Committee of Statistics of Ukraine) on time limits and scopes of population transmigration from contaminated settlements were the informational background of the study. Publication [3] was the information source on contamination intensity levels in the Zone 2 settlements and values of average annual integral (i.e. from internal and external exposure) lifetime radiation doses² to their population for the period of 1986–2055.

Values of doses averted due to population shift were calculated as a difference between the potential lifetime dose to a child born in 1986 that could be received in the course of a lifetime (for 70 years) under no protective measures applied since 1986 and the dose received during residence on radiologically contaminated territories before transmigration. Subtraction was calculated from the formula:

$$A_d = D_{70\text{years}} - D_{(1986+1987+X\text{years})} \quad (1)$$

¹ Зона безумовного (обов'язкового) відселення – територія, що зазнала інтенсивного забруднення довго живучими радіонуклідами, з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 15,0 Кі/км² та вище, або стронцію від 3,0 Кі/км² та вище, або плутонію від 0,1 Кі/км² та вище, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити 5,0 мЗв (0,5 бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період [2].

² Пожиттєва доза – у прогностичній оцінці – доза протягом життя (тривалість життя приймається рівною 70 років).

¹ Zone of obligate (compulsory) resettlement is the territory exposed to intensive long-lived radionuclide contamination at soil contamination density exceeding the pre-accident level and amounting to 15.0 Ci/km² and more for cesium isotopes or to 3.0 Ci/km² and more for strontium or to 0.1 Ci/km² and more for plutonium. Calculated effective equivalent dose of human irradiation there considering coefficients of radionuclide migration to the plants and other factors can exceed 5.0 mSv (0.5 rem) per year over the dose had been received before the accident [2].

² Lifetime dose in a predictive estimate is a dose throughout life (lifetime is accepted as 70 years).

де B_0 – величини відвернутої дози за рахунок переселення, $D_{70\text{років}}$ – розрахункова середня доза загального опромінення, яку може отримати дитина народжена у 1986 р. протягом життя, $D_{O(1986+1987+X\text{роки})}$ – розрахункова середня доза загального опромінення, яку отримала дитина впродовж періоду проживання на радіоактивно забрудненій території (1986 і наступні роки).

Розрахунки відвернутих доз за рахунок організованого переселення в динаміці виконано в програмі Microsoft Excel (ліцензія № X12 53766).

В роботі використано комплекс методів теоретичного дослідження й аналізу емпіричних даних, розрахунковий, системний та медико-біологічний підходи.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В Україні у зв'язку з аварією на ЧАЕС виконано великий обсяг робіт по визначенню рівнів радіоактивного забруднення і доз опромінення людей [3–6]. Однак, необхідно відзначити, що в реальній аварійній ситуації визначити індивідуальні рівні отриманих доз для всіх категорій постраждалих осіб не вдалося, а лише середні за населеними пунктами. Дані дозиметричних моніторинрів свідчать про надзвичайну нерівномірність територіального та часового розподілу поглинутих і ефективних доз при низьких значеннях дозового навантаження в цілому [7, 8].

Надзвичайно складна радіологічна ситуація була у зоні 2, тому ще за радянських часів урядами СРСР й УРСР були прийняті рішення щодо організованого переселення її мешканців впродовж 1990–1992 рр. у чисті місцевості¹ [9–11]. На початок 1991 р. в ній мешкало майже 50 тис. осіб. Нині території цієї зони знаходяться в десяти районах чотирьох областей (табл. 1), а загальна кількість населених пунктів – 86 (всі сільські). Наразі не всі її мешканці переселені в чисті місцевості. Тобто, за 25 років державна програма по переселенню не виконана й частина її жителів так і не була убезпечена від дії надлишкового аварійного опромінення.

Вперше відомості щодо доз загального опромінення жителів радіоактивно забруднених територій України з'явилися у 1997 р. у вигляді ретроспективно-прогностичних доз [3]. Прогнозні розрахунки свідчили про можливість хронічного опромінення населення до 2055 р., тобто до закінчення очікуваного біологічного часу життя покоління людей, яке народилося у рік аварії.

where A_d is an averted dose due to transmigration, $D_{70\text{years}}$ is a calculated average integral radiation dose that can be received within lifetime by a child born in 1986, $D_{(1986+1987+X\text{years})}$ is a calculated average integral radiation dose received by a child within living in radiologically contaminated territory (1986 and further years).

Calculations of averted doses due to managed transmigration over time were made using MS Excel software (Licence #X12 53766).

Battery of a basic research methods and empirical evidence review procedures were applied under the calculation, systemic, and biomedical approach.

RESULTS AND DISCUSSION

A large amount of work on identification of radiologically contaminated regions and human radiation doses was conducted in Ukraine following the ChNPP accident [3–6]. However no individual doses for all categories of survivors, but only average dose values by a settlement were assessed in a real accident situation. Data of dosimetric monitoring indicate to extreme heterogeneity of territorial and temporal distribution of absorbed and effective doses under low radiation burden in general [7, 8].

The immensely complicated radiological situation occurred in Zone 2 that's why way back in Soviet period the governments of USSR and Ukrainian SSR adjudged the managed population shift from it to the non-contaminated regions¹ over 1990–1992 [9–11]. At the beginning of 1991 there were about 50,000 population. Territory of the zone nowadays is in 10 regions within 4 provinces (Table 1) with 86 settlements (all rural) located there. For the time being not all its population transmigrated to non-contaminated regions, i.e. for 25 years the state program on population shift was not accomplished and some population was not indemnified from excessive accidental exposure.

Data on the total radiation doses to population of radiologically contaminated territories for the first time ever emerged in 1997 as retrospective-prognostic ones [3]. According to prognostic calculations the possibility of chronic population exposure could be expected up to 2055 i.e. before the end of expected biological lifetime of generation born in the year of occurred accident.

¹ Під "чистими" маються на увазі території з нульовими величинами індивідуальних доз аварійного опромінення.

¹ Non-contaminated otherwise named "clean" territories are characteristic by a zero-level doses of emergency exposure.

Таблиця 1

Просторові та кількісні параметри територій, віднесених до зони 2, станом на 01.01.2007 р.

Table 1

Spatial and quantitative parameters of territories attributed to Zone 2 as at 01.01.2007

Область Province ("oblast")	Площа, тис. км ² Area, thous. km ²	Кількість / Number					
		районів regions	населених пунктів / settlements		жителів, осіб / persons		
			всього / total	сільських / rural	всього / total	дітей / children	
Житомирська Zhytomyr	1,17	6	63	63	3757	762	
Київська Kyiv	0,92	1	20	20	0	0	
Рівненська Rivne	0,08	1	1	1	664	220	
Чернігівська Chernihiv	0,01	2	2	2	15	0	
Всього Total	2,18	10	86	86	4436	982	

Джерело: [12].
Source: [12].

До 1997 р. для оцінки можливих рівнів доз опромінення жителів України застосовувалося встановлене науковцями й наведене в табл. 2 співвідношення доза опромінення-щільність забруднення ґрунту ¹³⁷Cs. За цими даними жителі місцевостей з щільністю забруднення 555 кБк/м² і більше (тобто, зони 2) могли вже до 2011 р. отримати опромінення вище за регламентоване законодавством.

Згідно узагальнень [13], за 20 років після аварії на ЧАЕС у Житомирській та Київській областях найвищі середні (перевищували 20 мЗв) дози сумарного (внутрішнього та зовнішнього опромінення) були у жителів Народицького, Лугинського, Овруцького та Поліського районів. Наведені у таблиці 3 дані свід-

Radiation dose to ¹³⁷Cs soil contamination density ratio set by experts (see Table 2) was applied before 1997 to estimate possible radiation dose levels in population of Ukraine. On this evidence the population of territory with contamination intensity of 555 kBq/m² and more (i.e. Zone 2) could receive to the very 2011 an exposure over the limit set by the law.

According to generalizations for the 20 years stated in [13] the highest average integral (internal and external) radiation doses exceeding 20 mSv were to population of Narodichi, Lugny, Ovrych, and Polisske regions of Zhytomyr and Kiev provinces. Data shown in Table 3 indicate to the

Таблиця 2

Розподіл популяційно-зважених ефективних доз сумарного опромінення жителів України в цілому залежно від щільності випадіння ¹³⁷Cs на ґрунті, 1986–2011 рр.

Table 2

Population-dependent integral effective radiation doses to population of Ukraine in a whole depending on ¹³⁷Cs soil fallout intensity, 1986–2011

Щільність випадіння на ґрунті, кБк/м ² Soil depositions density, kBq/m ²	Рівні доз опромінення, мЗв / Radiation doses, mSv		
	зовнішнього / external	внутрішнього / internal	сумарного / total
< 37	0,61	0,62	1,23
37–185	5,5	5,4	10,9
185–555	21,0	6,9	27,9
555–1440	69,0	14,8	83,8
1480	231,0	81,0	312,0

Джерело: [5, С. 63].
Source: [5, P. 63].

Таблиця 3

Рівні забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs у найбільш радіоактивно забруднених районах у 1996 р., Бк/м²

Table 3

Soil contamination density by ¹³⁷Cs in the most intensively contaminater regions in 1996, Bq/m²

Показники Indices	Діапазон значень по району / Range of values by area				
	Лугинський Luhnyu	Народицький Narodychi	Овруцький Ovruch	Іванківський Ivankov	Поліський Polissya
Мінімальне значення Minimum	45,0	24,0	5,0	13,0	9,0
Максимальне значення Maximum	491,0	456,0	565,0	161,0	140,0
Середнє значення Mean	102,4	165,4	252,0	49,0	21,0
Кількість населених пунктів Number of settlements	48	61	156	81	31

Джерело: [4].
Source: [4].

чать, що для цих районів характерні й високі середні рівні забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs (150–180 кБк/м²), що через радіоактивно забруднені харчові продукти і зумовило формування 70–95 % сумарної дози за рахунок внутрішнього опромінення.

За перші десять років після аварії на ЧАЕС рівні забруднення ґрунтів у найбільш радіоактивно забруднених районах знизилися в 1,2–8,6 рази і за максимальними рівнями до радіоактивно забруднених міг бути віднесений лише Овруцький район, а за середніми – жоден.

Слід також наголосити, що у частини жителів радіоактивно забрудненої території мали місце одночасно декілька факторів ризику додаткового опромінення нерадіаційної природи, а саме: професійна належність (роботи у лісовому та сільському господарстві) [14], вживання продуктів місцевого виробництва, зокрема молока, м'яса, овочів, дикорослих ягід та грибів [15], низькі соціально-економічні умови життя [16]. З урахуванням цього певні коливання значень рівнів доз загального опромінення людини мали місце як по окремих населених пунктах, так і в їх межах.

Зважаючи на те, що для організму людини мірою медико-біологічної значимості будь-яких видів радіонуклідів (іонізуючого випромінювання) є тільки доза, об'єктивну радіаційно-біологічну оцінку ефективності переселення як міри захисту населення можливо здійснити на підставі даних індивідуальної дозиметрії по кожному переселенцю на етапі планування переселення та після його вселення в екологічно безпечні за радіаційним чинником населені пункти. В контексті аварії на ЧАЕС йдеться про не-

high average levels of ¹³⁷Cs contamination intensity (150–180 kBq/m²) being characteristic for these regions that had brought about the formation of 70–95% integral dose due to internal irradiation.

In the first three years after the ChNPP accident the soil contamination levels had decreased 1.2–8.6-fold in the most intensively exposed regions. Therefore only Ovruch region could be attributed to contaminated ones by the maximum levels and one of regions by the intermediate ones.

It should be emphasized that some population of radiologically contaminated territory have had several extra irradiation risk factors of non-radiation nature at a time, namely occupation (employment in forest or agricultural sector) [14], consumption of locally produced foodstuffs including milk, meat, vegetables, wild berries, and mushrooms [15], and poor socio-economic living conditions [16]. Against this background there were some variations of total radiation dose in humans by both certain settlements and within their borders.

Given only the dose is a measure of biomedical relevance of any radionuclide (ionizing radiation) for a human body the intrinsic radiobiological estimate of resettlement efficacy as a population protection measure can be made in virtue of individual dosimetry for every migrant at the stage of population shift planning and upon his housing in settlements being environmentally safe by a radiation factor. Within a context of the ChNPP accident this refers to

обхідність розрахунку популяційної відвернутої дози за рахунок переселення жителів із радіоактивно забруднених територій України на підставі лише узагальнення даних індивідуальних дози за населеними пунктами в динаміці переселення (відвернута популяційна доза). Проте для реалізації даної методологічної настанови нам не вдалося знайти інформації як щодо рівнів індивідуальних доз опромінення в динаміці переселення в цілому, так і та для різних демографічних й соціальних груп. У доступних джерелах також відсутні дані щодо вимірювання рівнів опромінення населення в населених пунктах після переселення (місцях компактного вселення). Наше дослідження показало відсутність організації індивідуального дозиметричного контролю в межах реалізації Державної програми переселення жителів зони 2. Зазначені факти до цього часу зумовлюють дискусію щодо радіаційно-біологічної виправданості переселення жителів із радіоактивно забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС територій після 1990 р.

Зважаючи на наявну інформацію щодо рівнів радіоактивного забруднення довкілля та доз опромінення населення слід визнати, що на сучасному етапі подолання наслідків Чорнобильської катастрофи оцінити достовірно ефективність переселення жителів із радіоактивно забруднених територій України не можливо.

На підставі ретроспективної оцінки доз опромінення (доз загального опромінення, яку може отримати дитина народжена у 1986 р. протягом життя), яка широко використовується у епідеміологічних дослідженнях для медико-біологічної оцінки наслідків Чорнобильської катастрофи, нами, для прикладу, здійснено розрахунки відвернутої дози за життя внаслідок переселення для народжених у 1986 р. малюків як найбільш вразливої у радіобіологічному аспекті когорти.

Представлені у табл. 4 дані по Переїздівській сільській раді Овруцького району Житомирської області (села Будолубівка, Грязеве, Деревці, Жолудівка) свідчать, що рівні забруднення ґрунтів ^{137}Cs у селах становили 134–158 кБк/м².

Розрахункова доза загального опромінення за життя для населення була в діапазоні від 33 до 52 мЗв. До початку переселення впродовж 1986–1989 рр. в середньому було отримано від 44,6 % (с. Деревці) до 47,9 % (с. Грязеве) пожиттєвої дози й вона була більшою, ніж передбачена критерієм ухвалення рішення щодо припинення протирадіаційних заходів на радіоактивно забруднених територіях.

Виходячи з розрахункової середньої дози загального опромінення за 1990–2055 рр., у досліджуваних

necessity of calculation of averted population dose due to transmigration from radiologically contaminated territories of Ukraine using only the generalized data on individual doses by settlements over time of population shift (the averted population dose). However we didn't get a chance to find an information on levels of individual radiation doses over time of population shift both in general and by various demographic and social groups. There is no data in available sources on population radiation levels in settlements upon the population shift i.e. in areas of compact settling in. Our study showed no organization of individual dosimetric control within framework of the State Program of resettlement of Zone 2 population. The above-noted facts are hitherto the background for debates about feasibility of population shift since 1990 from radiologically contaminated territories after the ChNPP accident.

Given the available information on levels of environmental radiological contamination and population radiation doses one must admit that at this stage of the Chernobyl disaster consequences clean-up it is impossible to reliably estimate the efficiency of population shift from radiologically contaminated territories of Ukraine.

In virtue of retrospective radiation dose estimates (integral radiation dose that can be received for a lifetime by person born in 1986) widely applied in epidemiological research focused on biomedical estimation of the Chernobyl accident consequences we by way of example have calculated the lifetime dose averted due to resettlement of persons born in 1986 i.e. of babies as a most radiobiologically vulnerable population group.

Table 4 shows the ^{137}Cs soil contamination intensity of 134–158 kBq/m² in Budolubivka, Gryazeve, Derevtsi, and Zholudivka villages of the Ovruch region, Zhytomyr province according to the Perejizdiv village council data.

The calculated population dose of general lifetime irradiation was within 33–52 mSv. From 44.6% (Derevtsi livvage) to 47.9% (Gryazeve village) of a lifetime dose in average were received within 1986–1989 before the resettlement. The received dose was higher vs. provided by criterion of decision adoption on termination of anti-radiation measures at radiologically contaminated territories.

Given the calculated average total radiation dose for the 1990–2055 period the averted lifetime dose

Таблиця 4

Розрахункові середні та відвернуті дози для населення Переїздівської сільської ради, мЗв за період

Table 4

Calculated average and averted radiation doses to population of Perejizdiv village council by period, mSv

Село Village	Щільність забруднення ¹³⁷ Cs, кБк/ м ² ¹³⁷ Cs contamination, kBq/m ²	Середня доза за період, роки / Average dose by period						
		очікувана / expected		відвернена / averted				
		1986–2055	1986–1989	1990–2055	1991–2055	1992–2055	1993–2055	1994–2055
Будолубівка Budolyubivka	158	40,0	18,7	21,3	19,0	17,1	15,5	14,1
Грязеве Gryazeve	144	33,0	15,8	17,2	15,2	13,6	12,3	11,2
Деревці Derevtsi	147	52,0	23,2	28,8	25,6	23,7	20,8	19,0
Жолудівка Zholudivka	134	41,0	18,2	22,3	19,8	17,8	16,1	14,7

Примітка: авторські розрахунки на підставі джерела [3].
Note: the author's calculations using the source [3].

населених пунктах зони 2 відвернута доза за життя коливалася від 11,2 до 28,8 мЗв (за умови одночасного переселення всіх мешканців у 1990 р.). Згідно з офіційними даними [17], переселення жителів із досліджуваних сіл тривало майже чотири роки (1990–1994 рр.) й величина відвернутої дози опромінення зменшувалась залежно від терміну відстрочення переселення у часі, що знижувало його ефективність як засобу протирадіаційного захисту й збільшувало ризик виникнення стохастичних ефектів.

Загальновідомо, що дози, які отримує людина в аварійній ситуації, мають широкий діапазон значень. Показово є робота [18], в якій доказано, що індивідуальні дози опромінення жителів будь-якого населеного пункту можуть відрізнятися від середніх значень в два-три і понад рази. Цитоване дослідження дозволяє припустити, що і діапазон відвернутих за рахунок переселення доз для жителів Переїздівської сільської ради може бути від 22,4 до 57,6 мЗв. Згідно розрахунків, подальше проживання людей після 2000 р. незначно збільшує очікувану дозу за життя і ризик стохастичних ефектів.

Знелюднення територій зони 2 та деградація соціальної інфраструктури населених пунктів, які сформувалися через відсутність чи недостатність фінансування в останні 20 років заходів з їх соціально-економічної реабілітації, сприяли зниженню рівню життя її жителів та збільшенню ризиків від дії іонізуючого випромінювання й вимагають продовження здійснення протирадіаційних заходів, у т.ч. й переселення до його завершення.

in the surveyed settlements of Zone 2 varied from 11.2 to 28.8 mSv (upon condition of simultaneous resettlement of all population in 1990). According to official data [17] the resettlement of population from villages under study continued for almost four years (1990–1994) and the value of averted radiation dose decreased at that depending on term of resettlement delay that had decreased its efficiency as a mean of radiation protection and risk decrease for the stochastic effects.

It is well-known that dose received by human in an accident situation are of a wide range of values. The work [18] is a showcase here showing that individual radiation doses to population of any settlement can vary by the 2–3 and more orders from average values. The cited work provides a speculation that the range of doses averted due to resettlement of population from Perejizdiv village council can vary from 22.4 to 57.6 mSv. According to calculations further residence of people after the year of 2000 leads to insignificant increase of a lifetime dose and of a risk of stochastic effects.

Depopulation of the Zone 2 territory and degradation of social infrastructure of the settlements that occurred due to the absent of insufficient funding of their social and economic rehabilitation within last 20 years had promoted the decrease of living standards and risk increase of radiation effects. All those require continuing the implementation of anti-radiation means including the resettlement up to its accomplishment.

ВИСНОВКИ

1. З позиції радіаційної біології прийняте Концепцією проживання населення на територіях Української РСР з підвищеним рівнем радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи обов'язкове переселення жителів із зони 2 як засіб захисту населення від дії аварійного іонізуючого випромінювання й призупинення надходження в організм радіоактивних сполук чорнобильського походження було науково обґрунтованим й доцільним. У зв'язку з відсутністю даних щодо індивідуальних доз опромінення населення, яке проживало в зоні 2 і було переселено в організованому порядку, оцінити ефективність переселення з позиції "доза-ефект" та "користь-шкода" наразі об'єктивно неможливо.
2. Відстрочення у часі переселення та незавершеність його до цього часу знизило ефективність цього заходу в системі протирадіаційного захисту населення. Найбільшою ефективність переселення була у 1990–1991 рр. Завдяки організованому переселенню відвернута доза за життя у найбільш вразливої з біологічної позиції до дії іонізуючого випромінювання групи потерпілих внаслідок Чорнобильської катастрофи (діти у віці 0 років на момент аварії) коливалася від 11,2 до 28,8 мЗв. Навіть за таких рівнів можна вважати, що переселення знизило рівень стохастичних ефектів.
3. Деградація населених пунктів зони 2, яка сформувалася через відсутність чи недостатність фінансування в останні 20 років заходів з їх соціально-економічної реабілітації, й низький рівень життя її жителів збільшують ризики від дії іонізуючого випромінювання та вимагають продовження здійснення протирадіаційних заходів, у т.ч. й переселення до його завершення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Safety assessment and verification for nuclear power plants : safety guide [Electronic resource]. – Vienna : International Atomic Energy Agency, 2001. – 83 p. – (Safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. NS-G-1.2). – Available from: <http://www-ns.iaea.org/standards>.
2. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи [Електронний ресурс] : Закон України [від 27 лютого 1991 р. № 791а-ХІІ]. – Режим доступу : <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12>.
3. Ретроспективно-прогнозні дози опромінення населення та загальнодозиметрична паспортизація 1997 р. населених пунктів України, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської аварії. Узагальнені дані за 1986–1997 рр. / Л. Н. Ковган, В. В. Берковський, З. Н. Бойко [та ін.]; за ред. І. А. Ліхтарьова ; МОЗ України, МНС України, НЦРМ АМНУ, ІПЗ АНУ. – Збірка 7. – К. : МОЗ України, 1998. – 155 с.

CONCLUSIONS

1. From the radiobiology standpoint the adoption of Concept of population residence on territories of the Ukrainian SSR with increased level of radiological contamination after the Chernobyl NPP accident and obligate public shift from Zone 2 as a mean of population protection from emergency exposure and interruption of incorporation of radioactive substances of the Chernobyl origin was scientifically substantiated and expedient. In virtue of no data on individual radiation doses the population of Zone 2 just was resettled in an organized way. Estimation of resettlement efficiency from the "dose-effect" and "benefit-harm" perspectives is objectively impossible at a moment.
2. Delay and non-accomplishment hitherto of resettlement resulted in decreased efficacy of this measure within a framework of radiation protection of population. Population shift was most effective in 1990–1991. Due to a managed resettlement the averted dose in the most vulnerable from biological standpoint group of the Chernobyl disaster survivors (children aged 0 years at the time of accident) varied from 11.2 to 28.8 mSv. It can be considered that even under such levels the resettlement resulted in a decrease of extent of stochastic effects.
3. Degradation of the Zone 2 settlements occurred because of insufficient or no funding of means of their social and economic rehabilitation within last 20 years and low living standards lead to increased risks of radiation effects that requires continuation of anti-radiation measures implementation including population resettlement up to its accomplishment.

REFERENCES

1. International Atomic Energy Agency. Safety assessment and verification for nuclear power plants : safety guide [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2001. 83 p. (Safety standards series, ISSN 1020-525X ; no. NS-G-1.2). Available from: <http://www-ns.iaea.org/standards>.
2. [On legal regime of territories contaminated by the Chornobyl catastrophe] [Internet]. Law of Ukraine. No. № 791a-XII (Feb 27, 1991). Available from: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12>. Ukrainian.
3. Kovgan LM, Berkovsky W, Boiko ZN, et al. [Retrospectively projected population exposure and general dosimetric certification in 1997 settlements of Ukraine which have undergone radioactive contamination from the Chornobyl accident. Summary data for 1986-1997]. Collection 7. Likhtariov IA, editor. Kyiv: Ministry of

4. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ-моніторингу в населених пунктах, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської катастрофи : збірка 15 / І. А. Ліхтарьов, Л. М. Ковган, В. В. Василенко [та ін.]. – К. : [б. в.], 2013. – 33 с.
5. Ліхтарьов І. А. Дози опромінення населення України внаслідок Чорнобильської аварії / І. А. Ліхтарьов, І. П. Лось, Ю. М. Скалецький // Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: Національна доповідь України / за ред. В. І. Балогі. – К. : КІМ, 2011. – С. 35–64.
6. Дози опромінення / І. А. Ліхтарьов [та ін.] // Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986-2011 / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. – Тернопіль : ТДМУ ; Укрмедкнига, 2011. – С. 35–64.
7. Про стан радіаційного моніторингу навколишнього природного середовища та продуктів харчування на території Рівненської області: населенню [Електронний ресурс] / Державна санітарно-епідеміологічна служба Рівненської області. – Режим доступу : <http://www.ses.rv.ua/population>.
8. Вивчення особливостей формування доз внутрішнього опромінення населення Житомирської області у віддалений період аварії на ЧАЕС, обумовлених надходженням ^{137}Cs , ^{90}Sr / В. В. Василенко [та ін.] // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. – 2013. – Вип. 18. – С. 59–70.
9. О переселении жителей двух населенных пунктов Полесского района Киевской области и 12 населенных пунктов Народичского района Житомирской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС [Электронный ресурс] : Распоряжение Совета Министров Украинской ССР [от 28 июня 1989 г. № 224-р.]. – Режим доступа : [http : zakon. rada.gov.ua/show/224-p](http://zakon.rada.gov.ua/show/224-p).
10. Про переселення жителів із населених пунктів Народицького району Житомирської області і Поліського району Київської області, а також будівництво для них об'єктів соціально-побутового і виробничого призначення : Постанова Ради Міністрів України [від 30 груд. 1989 р. № 333] // Перелік найважливіших рішень Уряду Української РСР по усуненню наслідків аварії на Чорнобильській АЕС за 1989-1990 рр. – К. : [б. в.], 1990. – С. 251–326.
11. Концепція проживання населення на територіях Української РСР з підвищеним рівнем радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи [від 16 квіт. 1991 р.] // Відомості Верховної Ради Української РСР. – 1991. – № 16. – С. 404–405.
12. Інформаційно-довідкові матеріали з питань подолання наслідків Чорнобильської катастрофи: Інформаційно-аналітичні матеріали [4398/0/2-08 від 09.04.08.] / Кабінет Міністрів України. – К., 2008. – 59 с.
13. 20 лет Чернобыльской катастрофы. Взгляд в будущее: Национальный доклад Украины. – К. : Атика, 2006. – 232 с.
14. Вивчення особливостей формування доз внутрішнього опромінення населення радіоактивно забруднених територій, обумовлених надходженням ^{137}Cs , ^{90}Sr , на основі комплексного радіаційного моніторингу на поточному етапі аварії на ЧАЕС : звіт про НДР (проміжний) / керівники В. В. Василенко, С. Ю. Нечасєв ; викон. : М. Я. Циганков [та ін.] ; ННЦРМ. – К., 2013. – 58 с.- № ДР 0113U002324.
- Health, Ministry of Emergency Situations of Ukraine, RCRM AMS, IRZ ATNU; 1998. 155 p. Ukrainian.
4. Likhtrariov IA, Kovgan LM, Vasylenko W, et al. [General dosimetric certification and results of the LVL monitoring in settlements contaminated after the Chornobyl catastrophe]. Collection 15. Kyiv; 2013. 33 p. Ukrainian.
5. Likhtratiov IA, Los' IP, Skaletsky YuM. [Exposure doses of Ukraine's population from the Chornobyl accident]. In: Baloha VI, editor. [Twenty five years after the Chornobyl disaster. Safety for the Future. National Report of Ukraine]. Kyiv: KIM; 2011. p. 35-64. Ukrainian.
6. Likhtratiov IA, Kovgan LM, Chumak W, Nechaev SYu, Vasylenko W, Tsigankov MYa . [The exposure doses]. In: Serdiuk AM, Bebeshko VG, Bazyka DA, editors. [Medical consequences of the Chornobyl catastrophe: 1986-2011]. Ternopil: TDMU, Ukrmedknyha; 2011. p. 35-64. Ukrainian.
7. State Sanitary and Epidemiological Service of Rivne region . [On the state of radiation monitoring of the environment and food products in the territory of the Rivne oblast: for population] [Internet]. Available from: <http://www.ses.rv.ua/population>. Ukrainian.
8. Vasylenko W, Tsigankov MY, Nechaev SY, Pikta VO, Zadorozhna GM, Bilynyk AB. Peculiarities of internal radiation doses due to ^{137}Cs and ^{90}Sr intake in population from Zhytomyr oblast in a late period after the Chornobyl NPP accident. Probl Radiac Med Radiobiol. 2013;18:59-70.
9. [On the resettlement of residents of the two settlements of the Polesie district of Kiev region and 12 localities Narodichi region Zhitomir region affected by radioactive contamination as a result of the Chornobyl accident]. Regulation of the Council of Ministers of the Ukrainian SSR. No. 224-r (Jun 28,1989). [Internet]. Available from: [http : zakon. rada.gov.ua/show/224-p](http://zakon.rada.gov.ua/show/224-p). Russian.
10. [On the resettlement of residents of the settlements Narodychi district of the Zhytomyr region and Poliske district of the Kyiv region, and building them objects of social and industrial purpose]. Regulation of the Council of Ministers of Ukraine. No. 333 (Dec 30, 1989). In: [The list of the most important decisions of the Government of the Ukrainian SSR to eliminate the consequences of the Chornobyl accident for the 1989-1990]. Kyiv; 1990. p. 251-326. Ukrainian.
11. Supreme Council of the Ukrainian SSR. [The concept of population living on the territory of the Ukrainian SSR with high levels of radioactive contamination from the Chornobyl disaster (Apr 16, 1991)]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainiskoi RSR. 1991;16:404-5. Ukrainian.
12. Cabinet of Ministers of Ukraine. [Briefing papers on Chornobyl catastrophe consequences recovery: Information-analytical materials]. No. 4398/0/2-08 (Apr 09, 2008). Kyiv; 2008. 59 p.
13. [Twenty years after the Chornobyl disaster. Looking to the future: the National Report of Ukraine]. Kyiv: Atika; 2006. 232 p. Russian.

15. Хоменко І. М. Оцінка впливу споживання продуктів харчування місцевого виробництва на формування дози внутрішнього опромінення у віддалений період після Чорнобильської катастрофи / І. М. Хоменко, С. В. Поліщук // Довкілля та здоров'я. – 2014. – № 2. – С. 57–61.
16. Ходорівська Н. Чорнобиль і людина : соціальна адаптація / Н. Ходорівська. – К. : Ін-т соціології НАН України, 2005. – 198 с.
17. Чисельність населення районів зони з підвищеним рівнем радіоактивного забруднення на 1 січня 1996 року: статист. бюлетень / Міністерство статистики України, Житомирське обласне управління статистики. – Житомир : [б. в.], 1996. – 39 с.
18. Мокров Ю. Г. Радиоэкологические особенности формирования доз внутреннего облучения жителей бассейна реки Течи в 1949-1954 гг. / Ю. Г. Мокров // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2006. – Т. 51, № 5. – С. 5–20.
14. Vasylenko W, Nechaiev SYu, Tsyhankov MYa, et al. [Study of features of forming of doses of internal irradiation of population of the radioactively muddy territories conditioned by a receipt ^{137}Cs , ^{90}Sr , on the basis of the complex radiation monitoring on the current stage of accident on: Chornobyl accident]. Kyiv: NRCRM; 2013. 58 p. Report No.: 0113u002324. Ukrainian.
15. Khomenko IM, Polishchuk SV [Estimation of influence of consumption of foodstuffs of local production on forming of dose of internal irradiation in a remote period after the Chornobyl catastrophe]. Environment and health. 2014; (2):57-61. Ukrainian.
16. Khodorivs'ka N. [Chornobyl' and man: social adaptation]. Kyiv: Institute of Sociology, NAS of Ukraine; 2005. 198 p. Ukrainian.
17. Ministry of statistics of Ukraine; Zhytomyr regional management of statistics. [Quantity of population of districts of zone with an increase level of radiocontammant (Jan 1, 1996): statistical bulletin]. Zhytomyr; 1996. 39 p. Ukrainian.
18. Mokrov YuH. [Radiological features of formation of internal exposure doses of residents of the Techa River Basin in 1949-1954]. Medical Radiology and Radiation Safety. 2006;51:5-20. Russian.

Стаття надійшла до редакції 27.07.2015

Received: 27.07.2015