

ОЦІНКА РИЗИКУ НАСЛІДКІВ ОПРОМІНЕННЯ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

¹ДУ «Запорізький обласний лабораторний Центр СЕС України» (м. Запоріжжя)

²Запорізький державний медичний університет (м. Запоріжжя)

alla758@ukr.net

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Дана робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри загальної гігієни та екології ЗДМУ «Наукове обґрунтування та управління ризиками в системі громадського здоров'я» (№ 0117U006957) шифр (Ін. 14.02.17).

Вступ. В останні десятиріччя при визначенні рівнів впливу шкідливих факторів на організм людини, ВООЗ рекомендує використовувати методологію оцінки ризику. При цьому в загальному розумінні за ризик вважається ймовірність виникнення будь-якої небажаної дії.

За нашого часу концепція оцінки ризику практично в усіх країнах світу і міжнародних організаціях використовується як головний механізм розробки та прийняття управлінських рішень на регіональних, державних і міжнародних рівнях.

На відміну від інших чинників ризику, ризик від опромінювання досить добре вивчений, а методичні підходи до оцінки радіаційного ризику і оптимізації радіаційного захисту детально розроблені в Публікаціях Міжнародної комісії з радіаційного захисту (МКРЗ) [1,2,3].

При оцінці збитку від опромінювання прийнято враховувати шкідливі ефекти, що призводять внаслідок захворювання до передчасної смерті й істотного скорочення періоду нормального життя. До таких ефектів при радіаційному впливі відносяться: детерміновані ефекти (шкідливі тканині реакції), які виникають під впливом великих доз опромінювання і призводять до порушення функцій організму і тканин (променева хвороба, променеві опіки, катаракта та ін.); стохастичні (ймовірні) ефекти, які виникають при опромінюванні порівняно невеликими дозами і викликають злоякісні пухлини у опроміненних осіб і спадкові захворювання у їх нащадків. В той же час загальновідомо, що в повсякденному житті населення опромінюється малими дозами, тому розвиток детермінованих ефектів у нього маловірогідний, а передчасна смерть, що призводить до скорочення тривалості життя, може бути тільки наслідком прояву стохастичних ефектів. При цьому в області малих доз (до 100 мЗв) залежність «доза-ефект» для стохастичних ефектів є простою пропорційною залежністю між дозою і ризиком, яка ґрунтується на лінійній безпороговій гіпотезі розвитку стохастичних ефектів опромінювання, що прийнята МКРЗ [4].

Оцінюючи віддалені негативні наслідки, викликані опромінюванням, слід враховувати тільки стохастичні ефекти, для чого МКРЗ в своїх публікаціях наводить коефіцієнти ризику виникнення стохастич-

них ефектів – раку та спадкових захворювань – для різних груп населення [4,5,6]. В останній основоположній Публікації 103 МКРЗ [6] наголошується, що практична система радіаційного захисту як і раніше базується на припущенні, що в діапазоні малих доз (менше 100 мЗв) вихід раку та спадкових захворювань прямо пропорційний збільшенню дози опромінення відповідних органів та тканин.

Ґрунтуючись на цьому та в зв'язку з новими науковими даними у Публікації 103 МКРЗ коефіцієнти ризику переглянуті (табл. 1) і для населення в цілому на сьогодні коефіцієнт складає $5,7 \cdot 10^{-2}$ Зв⁻¹. Ця величина є вірогідністю виникнення негативних наслід-

Таблиця 1.

Коефіцієнти номінального ризику для стохастичних ефектів з врахуванням шкоди від раку та спадкових захворювань (10^{-2} Зв⁻¹)

Опромінені контингенти	Рак	Спадкові ефекти	Усього
Уся популяція	5,5	0,2	5,7
Дорослі	4,1	0,1	4,2

ків, раку та спадкових захворювань, що призводять до втрати 15 років періоду нормального життя людини при опроміненні дозою 1 Зв.

Основне завдання оцінки ризику полягає в отриманні інформації про вплив чинників середовища життєдіяльності людини на стан її здоров'я. Враховуючи це, очевидно, що саме оцінка ризику дає можливість прийняття найбільш оптимальних управлінських рішень щодо усунення або зниження рівнів ризику й оптимізації моніторингу, що є вкрай актуальним.

Мета дослідження. Оцінити ризик виникнення негативних наслідків для населення Запорізької області від основних радіаційних чинників опромінювання.

Об'єкт і методи дослідження. Об'єктом дослідження є опромінення при використанні основних джерел іонізуючого випромінювання. При проведенні роботи використовувались аналітичні, статистичні та розрахункові методи дослідження. Розрахунки індивідуального радіаційного ризику здійснювались за формулою:

$$R = E \cdot k,$$

де: R – ризик;

E – індивідуальна ефективна доза (Зв);

K – коефіцієнт ризику.

При розрахунках величини ризику використовувались коефіцієнти ризику, наведені в НРБУ-97 [8] і

Публікації 103 МКРЗ, а також радонового коефіцієнта Публікації 65 [9] та Публікації 115 МКРЗ [10].

Результати досліджень та їх обговорення. Грунтуючись на результатах досліджень [11], що були проведені раніше, річна доза опромінення населення Запорізької області від основних джерел природного походження складає 4,37 мЗв, найбільший вклад в цю дозу вносить радон-222 – 75,5% (табл. 2).

Значення індивідуальної річної ефективної дози зовнішнього опромінювання населення визначалося за результатами вимірів потужності поглиненої дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій місцевості в контрольній точці населеного пункту і в житлових приміщеннях будівель. Розрахунок за формулою показав, що сумарна доза опромінення населення області за рахунок зовнішнього опромінення складає 0,67 мЗв на рік, при цьому опромінення в приміщеннях – 0,49 мЗв.

Природний радіаційний фон формується двома компонентами – космічним випромінюванням і випромінюванням природних радіонуклідів, розсіяних в земній корі, ґрунті, повітрі, воді і інших об'єктах навколишнього середовища, тому до сумарного значення дози зовнішнього опромінювання додається складова космічного випромінювання, внесок якої в ефективну дозу зовнішнього опромінювання населення складає 0,3 мЗв·рік⁻¹.

Доза опромінення, що отримується населенням області за рахунок радону-222 в повітрі приміщення, складає 3,3 мЗв·рік⁻¹ і за рахунок природних джерел у воді – 0,13 мЗв·рік⁻¹.

Друге місце після радону щодо опромінення населення займає медичне опромінення. Аналіз дозових навантажень пацієнтів в Запорізькій області [12] свідчить про те, що усереднена доза опромінення населення за рахунок рентгенодіагностичних процедур складає 0,9 мЗв на одну людину на рік.

На території області розташована Запорізька атомна електростанція – найбільша АЕС в Європі. Грунтуючись на результатах радіаційно-гігієнічного моніторингу [13], що здійснюється з метою визначення впливу АЕС на радіоактивність навколишнього середовища, відомо, що: рівень гамма-фону на території АЕС складає 8-10 мкР·год⁻¹, що не перевищує середній обласний показник 15-20 мкР·год⁻¹, вміст ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr в основних продуктах харчування та питній

Таблиця 4.

Класифікація рівнів індивідуального ризику

№ з/п	Найменування	Величина ризику
1	Високий (неприйнятний для промисловості і населення)	більш 10 ⁻³
2	Середній (прийнятний для промисловості і неприйнятний для населення)	10 ⁻³ – 10 ⁻⁴
3	Низький (прийнятний для населення)	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶
4	Мінімальний	менш 10 ⁻⁶

Таблиця 2.

Річна доза опромінення населення Запорізької області від основних джерел природного походження (мЗв)

Найменування	Доза	%
Гамма-фон у приміщеннях (будматеріали)	0,49	11,2
Гамма-фон на відкритій місцевості	0,15	3,4
Космічне опромінення	0,3	6,9
Опромінення ²²² Rn у приміщеннях	3,3	75,5
Природні радіонукліди в питній воді	0,13	3,0
Разом	4,37	100

воді на території Кам'янсько-Дніпровського району, що розміщений поблизу АЕС, значно нижчий за допустимі рівні [13].

Максимальна індивідуальна ефективна доза опромінювання від скидів та викидів АЕС в межах санітарно-захисної зони (2,5 км) складає приблизно 0,018 мЗв·рік⁻¹. Річна доза опромінення населення за рахунок харчового раціону в зоні спостереження За-

Таблиця 3.

Дози опромінення населення Запорізької області та індивідуальний ризик виникнення негативних ефектів

Чинники опромінення	Річна доза, мЗв	Ризик, що розрахований за коефіцієнтами	
		НРБУ-97 (0,073·Зв ⁻¹), Публікація 65 МКРЗ (радон – 0,05·Зв ⁻¹)	Публікація 103 МКРЗ (0,057·Зв ⁻¹), Публікація 115 МКРЗ (радон – 0,088·Зв ⁻¹)
Опромінення радоном в приміщеннях	3,3	1,65·10 ⁻⁴	2,90·10 ⁻⁴
Питна вода	0,13	9,49·10 ⁻⁶	7,41·10 ⁻⁶
Медичне опромінення	0,9	6,57·10 ⁻⁵	5,13·10 ⁻⁵
Харчування	0,004	2,92·10 ⁻⁷	2,28·10 ⁻⁷
Запорізька АЕС	0,018	1,31·10 ⁻⁶	1,03·10 ⁻⁶
Зовнішнє опромінення на місцевості	0,15	1,10·10 ⁻⁵	8,55·10 ⁻⁶
Зовнішнє опромінення в приміщеннях	0,49	3,58·10 ⁻⁵	2,79·10 ⁻⁵
Усього	4,99	2,89·10 ⁻⁴	3,87·10 ⁻⁴

порізької АЕС складає 12,7 – 18,0·10⁻⁸ Зв·рік⁻¹ [14].

Сумарна доза опромінення населення Запорізької області від основних джерел випромінювання складає близько 5,0 мЗв на рік.

Грунтуючись на результатах досліджень [11, 12, 13, 14], нами розрахований індивідуальний ризик виникнення негативних наслідків для населення (табл. 3).

Порівнюючи отримані результати з класифікацією ВООЗ (табл. 4), приведеною в [15], слід зазначити, що більшість радіаційних чинників опромінювання населення в Запорізькій області створюють низький рівень ризику, прийнятний для населення.

В той же час, у зв'язку з високими дозами, що отримані в приміщеннях, радон створює середній рівень ризику, який є неприйнятним для населення, що потребує подальшої роботи зі зниження доз опромінювання.

При цьому ризик опромінення, розрахований за коефіцієнтами останніх Публікацій МКРЗ, на 34%

більший, ніж при коефіцієнтах, що викладені в НРБУ-97 та Публікації 65 МКРЗ.

Висновки

1. Встановлено, що порівняно з класифікацією ВООЗ, більшість радіаційних чинників опромінювання населення Запорізької області створюють низький рівень ризику, прийнятний для населення. В той же час, у зв'язку з високими дозами, отриманими в приміщеннях, радон створює середній рівень ризику, який є неприйнятним для населення, що потребує подальшої роботи зі зниження доз опромінювання.

2. При цьому ризик опромінення, розрахований за коефіцієнтами останніх Публікацій МКРЗ, на 34% більший, ніж при коефіцієнтах, що викладені в НРБУ-97 та Публікації 65 МКРЗ.

Перспективи подальших досліджень. Продовжити роботу щодо зниження доз опромінення населення Запорізької області за рахунок радону-222 в приміщеннях, який створює середній рівень ризику, що є неприйнятним для населення.

Література

1. ICRP. Publication 27 (1977). Problems involved in developing an index of harm. Annals of the ICRP 1 (4).
2. Optimizatsia radiatsionnoi zashchity na osnove analiza sootnosheniya zatraty-vygoda. Publikatsia 37 MKRZ. M.: Energoatomizdat. 1985. 95 s. [in Russian].
3. Kolichestvennoe obosnovanie edinogo indeksa vreda. Publikatsia 45 MKRZ. M.: Energoatomizdat. 1989. 88 s. [in Russian].
4. Radiatsionnaia zashchita. Rekomendatsii MKRZ. Publikatsia 26. M.: Atomizdat. 1978. 87 s. [in Russian].
5. Recommendations of the ICRP. (Publication ICRP 60). New York: Pergamon Press. 1991.
6. Rekomendatsia 2007 goda Mezhdunarodnoi Komissii po Radiatsionnoi zashchite. Publikatsia 103 MKRZ. M.: 2009. 343 s. [in Russian].
7. Otsenka individualnykh effektivnykh doz oblucheniya naseleniya za schet prirodnykh istochnikov ioniziruiushchego izlucheniya. Metodicheskiye ukazaniya. MU 2.6.1.1088-02. M.: 2002. [in Russian].
8. Normy radiatsiynoi bezpeki Ukrainy (NRBU-97). DGN 6.6.1-6.5.001-98. Kyiv. 125 s. [in Ukrainian].
9. Zashchita ot radona-222 v zhilykh zdaniyakh i na rabochem meste. Publikatsia 65 MKRZ. M.: Energoatomizdat. 1995. 67 s. [in Russian].
10. Risk vozniknoveniya raka legkogo pri obluchenii radonom i produktami ego raspada. Zaiavlenie po radonu. Publikatsia 115 MKRZ. M.: 2013. 91 s. [in Russian].
11. Kutsak AV. Radiatsiyno-gigienichna otsinka doz oprominennya naselennya Zaporizkoi oblasti ta obgruntuvannia shliakhiv zmeshennia radiatsiynikh ryzykiv dlya zdorov'ia naselennia. Candidate's thesis. Zaporizhzhya. 2016. 149 s. [in Ukrainian].
12. Kutsak AV, Sevalnev AI, Kostenetskiy MI. Vyvchennia chastoty ta doz oprominennia za rakhunok rentgenodiagnostichnikh protsedur. Visnik problem biologii i meditsini. 2017;2(136):70-4. [in Ukrainian].
13. Pivrichni zvit'i Zaporizkoi oblasnoi sanepidsluzhbi pro doslidzhennia radioaktivnosti ob'ektiv navkolishnogo seredovishcha za f.1-R za 2011-2015 roky. [in Ukrainian].
14. Sostoianie radiatsionnoi bezopasnosti i radiatsionnoi zashchity na Zaporozhskoi atomnoi elektrostantsii. Ezhegodnye otchety za 2012-2016 gody. Zaporozhie. [in Russian].
15. Timchenko OI, Serdiuk AM, Kartashova SS. Genofond i zdorov'ia. Rozvitok metodologii otsinki. K.: 2008. s. 128-9. [in Ukrainian].

ОЦІНКА РИЗИКУ НАСЛІДКІВ ОПРОМІНЕННЯ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

Костенецький М. І., Севальнев А. І., Куцак А. В.

Резюме. Актуальність дослідження визначається тим, що дуже важливо мати інформацію про дозове навантаження населення за рахунок основних чинників опромінення та знати про негативні наслідки для здоров'я.

Мета статті полягає в оцінці ризику виникнення негативних наслідків для населення Запорізької області від основних радіаційних чинників опромінювання.

Ґрунтуючись на результатах досліджень, що були проведені раніше, річна доза опромінення населення Запорізької області від основних джерел природного походження складає 4,37 мЗв, найбільший вклад в цю дозу вносить радон-222 – 75,5%.

Друге місце після радону щодо опромінення населення займає медичне опромінення. Аналіз дозових навантажень пацієнтів в Запорізькій області свідчить про те, що усереднена доза опромінення населення за рахунок рентгенодіагностичних процедур складає 0,9 мЗв на одну людину на рік.

На території області розташована Запорізька атомна електростанція – найбільша АЕС в Європі. Ґрунтуючись на результатах радіаційно-гігієнічного моніторингу, що здійснюється з метою визначення впливу АЕС на радіоактивність навколишнього середовища, відомо, що: рівень гамма-фону на території АЕС складає 8-10 мкР·год⁻¹, що не перевищує середній обласний показник 15-20 мкР·год⁻¹, вміст ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr в основних продуктах харчування та питній воді на території Кам'янсько-Дніпровського району, що розміщений поблизу АЕС, значно нижчий за допустимі рівні.

Максимальна індивідуальна ефективна доза опромінювання від скидів та викидів АЕС в межах санітарно-захисної зони (2,5 км) складає приблизно 0,018 мЗв·рік⁻¹. Річна доза опромінення населення за рахунок харчового раціону в зоні спостереження Запорізької АЕС складає 12,7 – 18,0·10⁻⁸ Зв·рік⁻¹.

Таким чином, сумарна доза опромінення населення Запорізької області від основних джерел випромінювання складає близько 5,0 мЗв на рік.

Авторами проаналізовані методичні підходи до оцінки радіаційного ризику і оптимізації радіаційного захисту, що детально розроблені в Публікаціях 27, 37, 45 МКРЗ. При розрахунках величини ризику використовувались коефіцієнти ризику, наведені в НРБУ-97 та Публікації 103 МКРЗ, а також радонового коефіцієнта Публікації 65 і Публікації 115 МКРЗ.

Висновки. Встановлено, що порівняно з класифікацією ВООЗ, більшість радіаційних чинників опромінювання населення Запорізької області створюють низький рівень ризику, прийнятний для населення. В той же час, у зв'язку з високими дозами, отриманими в приміщеннях, радон створює середній рівень ризику, який є неприйнятним для населення, що потребує подальшої роботи зі зниження доз опромінювання.

При цьому ризик опромінення, розрахований за коефіцієнтами останніх Публікацій МКРЗ, на 34% більший, ніж при коефіцієнтах, що викладені в НРБУ-97 та Публікації 65 МКРЗ.

Ключові слова: ризик опромінення, населення, негативні наслідки.

ОЦЕНКА РИСКА ПОСЛЕДСТВИЙ ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ЗАПОРОЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Костенецкий М. И., Севальнев А. И., Куцак А. В.

Резюме. Актуальность исследования определяется тем, что очень важно иметь информацию о дозовой нагрузке населения за счет основных факторов облучения и знать о негативных последствиях для здоровья.

Цель статьи заключается в оценке риска возникновения негативных последствий для населения Запорожской области от основных радиационных факторов облучения.

Основываясь на результатах исследований, которые были проведены раньше, годовая доза облучения населения Запорожской области от основных источников естественного происхождения составляет 4,37 мЗв, наибольший вклад в эту дозу вносит радон-222 – 75,5%.

Второе место после радона, относительно облучения населения, занимает медицинское облучение. Анализ дозовых нагрузок пациентов в Запорожской области свидетельствует о том, что усредненная доза облучения населения за счет рентгенодиагностических процедур составляет 0,9 мЗв на одного человека в год.

На территории области расположена Запорожская атомная электростанция – наибольшая АЭС в Европе. Основываясь на результатах радиационно-гигиенического мониторинга, который осуществляется с целью определения влияния АЭС на радиоактивность окружающей среды, известно, что уровень гамма-фона на территории АЭС составляет 8-10 мкР·час⁻¹, что не превышает средний областной показатель 15-20 мкР·час⁻¹, содержание ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в основных продуктах питания и питьевой воде на территории Камянско-Днепровского района, который размещен вблизи АЭС, значительно ниже допустимых уровней.

Максимальная индивидуальная эффективная доза облучения от сбросов и выбросов АЭС в пределах санитарно-защитной зоны (2,5 км) составляет приблизительно 0,018 мЗв в год. Годовая доза облучения населения за счет пищевого рациона в зоне наблюдения Запорожской АЭС составляет 12,7 – 18,0·10⁻⁸ Зв в год.

Таким образом, суммарная доза облучения населения Запорожской области от основных источников облучения составляет около 5,0 мЗв в год.

Авторами проанализированы методические подходы к оценке радиационного риска и оптимизации радиационной защиты, что детально разработано в Публикациях 27, 37, 45 МКРЗ. При расчетах величины риска использовались коэффициенты риска, приведенные в НРБУ-97 и Публикации 103 МКРЗ, а также радонового коэффициента Публикации 65 и Публикации 115 МКРЗ.

Выводы. Установлено, что сравнительно с классификацией ВОЗ, большинство радиационных факторов облучения населения Запорожской области создают низкий уровень риска, приемлемый для населения. В то же время, в связи с высокими дозами, полученными в помещениях, радон создает средний уровень риска, который является неприемлемым для населения, и требует дальнейшей работы по снижению доз облучения.

При этом риск облучения, рассчитанный по коэффициентам последних Публикаций МКРЗ, на 34% больше, чем при коэффициентах, которые изложены в НРБУ-97 и Публикации 65 МКРЗ.

Ключевые слова: риск облучения, население, негативные последствия.

ASSESSMENT OF THE RISK OF CONSEQUENCES OF EXPOSURE FOR THE POPULATION OF THE ZAPORIZHZHYA REGION

Kostenetsky M. I., Sevalnev A. I., Kutsak A. V.

Abstract. The relevance of the research is determined by the fact that it is very important to have information about the dose load of the population at the expense of the main factors of exposure and to know about the negative consequences for health.

In recent years, an assessment of the level of risk associated with the negative impact of the environment on public health has been actively used.

The aim of the study. Assess the risk of negative consequences for the population of the Zaporizhzhya region from the main radiation factors of exposure.

The object and methods of research. The object of the research is radiation exposure when using ionizing radiation sources. During the work analytical, statistical and calculated methods of research were used.

Research results and their discussion. Based on the results of studies that were carried out earlier, the annual dose of irradiation of the population of the Zaporizhzhya region from the main sources of natural origin is 4.37 mSv, the largest contribution to this dose is made by radon-222 – 75.5%.

The value of the individual annual effective dose of external exposure to the population was determined from the results of measurements of the absorbed dose of gamma radiation in the air in the open area at the control point of the settlement and in the living quarters of buildings. Calculation by the formula showed that the total dose of irradiation of the population of the region due to external exposure is 0.67 mSv per year, while irradiation in the premises is 0.49 mSv.

The natural radiation background is formed by two components – cosmic radiation and radiation of natural radionuclides scattered in the earth's crust, soil, air, water and other environmental objects, because the total dose of external radiation is added to the component of cosmic radiation, whose contribution to the effective dose of external exposure of the population is 0.3 mSv per year.

The radiation dose received by the region's population at the expense of radon-222 in indoor air is 3.3 mSv per year and due to natural sources in water it is 0.13 mSv per year. Medical exposure is in the second place after radon, concerning the exposure of the population. The analysis of dose loads of patients in the Zaporozhzhya region indicates that the average dose of population exposure due to X-ray diagnostic procedures is 0.9 mSv per person per year.

On the territory of the region Zaporizhzhya nuclear power plant is located – the largest nuclear power plant in Europe. Based on the results of radiation and hygienic monitoring, which is carried out to determine the effect of nuclear power plants on the radioactivity of the environment, it is known that the level of gamma-background in the territory of nuclear power plants is 8-10 mcR per hour, which does not exceed the average regional index of 15-20 mcR per hour, the content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in basic foodstuffs and drinking water in the Kam'ians'ko-Dniprovsky district, which is located near nuclear power plants, is well below acceptable levels.

The maximum individual effective dose of radiation from discharges and emissions of nuclear power plants within the sanitary protection zone (2.5 km) is approximately 0.018 mSv per year. The annual dose of irradiation of the population due to the food ration in the monitoring zone of the Zaporizhzhya NPP is 12.7 – 18.0 × 10⁻⁸ Sv per year.

Thus, the total radiation dose of the population of Zaporizhzhya region from the main sources of radiation is about 5.0 mSv per year.

The authors analyzed methodological approaches to the assessment of radiation risk and the optimization of radiation protection, which was elaborated in Publications 27, 37, 45 of the ICRP. In calculating the amount of risk, the risk factors cited in NRBU-97 and ICRP Publication 103, and the Radon Ratio of Publication 65 and Publication 115 of the ICRP were used.

Certainly, the risk of irradiation, calculated by the coefficients of the latest ICRP Publications, is 34% higher than at the rates given in NRBU-97 and Publication 65 of the ICRP.

Conclusions. It is established that, in comparison with WHO classification, the most of radiation exposure factors in the population of the Zaporizhzhya region create a low level of risk acceptable to the population. At the same time, due to the high doses received in the premises, radon creates an average level of risk that is unacceptable to the population, and requires further work to reduce radiation doses.

At the same time, the risk of irradiation, calculated by the coefficients of the latest ICRP Publications, is 34% more than at the rates set forth in NRBU-97 and Publication 65 of the ICRP.

Key words: risk of irradiation, population, negative consequences.

Рецензент – проф. Катрушов О. В.

Стаття надійшла 08.08.2018 року