

УДК 613.16:614.876:551.521:614.78/.79

А. І. Севальнєв, А. В. Куцак✉, І. А. Соколовська

Запорізький державний медичний університет, пр. Маяковського, 26, м. Запоріжжя, 69035, Україна

ПРОБЛЕМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НАСЕЛЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЯКЕ ЗАЗНАЄ ОПРОМІНЕННЯ ВІД ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ (за оглядом літератури)

Проведено аналіз наукової літератури з метою узагальнення даних багаторічних досліджень з радіоекології середовища життєдіяльності населення Запорізької області. Наведено результати досліджень щодо основних джерел радіоактивного забруднення території, рівнів і структури доз опромінення населення за рахунок природної радіації, харчового раціону, медичних процедур, оцінено дозове навантаження населення. Розглянуто основні існуючі в Запорізькій області радіаційні джерела, приведено їх характеристики, дана оцінка ступеня їх впливу на навколишнє середовище і людину.

Запорізька область розташована в південно-східній частині України і особлива своєю геоморфологічною будовою, що характеризується наявністю Українського кристалічного масиву, збагаченого мінералами з підвищеним рівнем природної радіоактивності. Цим пояснюється велика складова дози опромінення населення за рахунок природної компоненти. Сумарна середньорічна ефективна доза опромінення населення Запорізької області за рахунок природної складової – 4,37 мЗв, основний вклад в цю дозу вносить радон-222 – 76 %. Рівень радону-222 в повітрі житлових приміщень коливається від 37 до 112 Бк·м⁻³, причому відсоток перевищень нормативу (100 Бк·м⁻³) складає від 8 до 62 % залежно від адміністративного району. В середньому 25 % житлових будівель області не відповідають вимогам НРБУ-97 щодо вмісту радону в повітрі приміщень. Ще гостріше проблема підвищеного опромінення радоном постає для дитячого населення. У зв'язку з більш жорсткими вимогами НРБУ-97 щодо вмісту радону в повітрі приміщень дошкільних навчальних закладів (ДНЗ) (50 Бк·м⁻³) 99 % приміщень ДНЗ не відповідають нормативам. Дози опромінення дітей за рахунок радону більші, ніж у дорослих, і складають у середньому 6,4 мЗв на рік при розкиді 4,3–9,7 мЗв.

Друге місце після радону щодо опромінення населення у Запорізькій області займає медичне опромінення. Аналіз дозових навантажень на пацієнтів за останні роки свідчить про те, що річна доза опромінення населення коливається в межах 0,86–0,97 мЗв·рік⁻¹, усереднена доза опромінення складає 0,9 мЗв·рік⁻¹, що майже на 50 % більше за середньоукраїнський показник і перевищує середньосвітовий удвічі.

У Запорізькій області сумарна річна доза опромінення населення за рахунок основних джерел випромінювання складає 5,0 мЗв·рік⁻¹, при цьому основний внесок дає радон-222 – 3,3 мЗв і медичне опромінення – 0,9 мЗв. Найбільш визначальним радіаційним фактором для населення Запорізької області є радон-222 в повітрі приміщень, який створює середній ступінь ризику, що є неприйнятним для населення і потребує ретельного регулюючого контролю за допомогою державних і регіональних програм.

Ключові слова: радіаційний захист населення, основні джерела випромінювання, дози опромінення населення.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2019. Вип. 24. С. 53–64. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-53-64

✉ Куцак Алла Валеріївна, e-mail: alla758@ukr.net

A. I. Sevalnev, A. V. Kutsak✉, I. A. Sokolovska

Zaporizhzhia State Medical University, 26 Maiakovsky ave., Zaporizhzhia, 69035, Ukraine

PROBLEMS OF RADIO SAFETY OF THE POPULATION OF THE ZAPORIZHZHIA REGION WHICH RELATES TO EXPOSURE TO BASIC SOURCES (by review of the literature)

The analysis of scientific literature is carried out in order to generalize the data of many years of research on radioecology of the environment of the population of the Zaporizhzhia region. The results of researches on the main sources of radioactive contamination of the territory, levels and structure of radiation doses of the population due to the natural radiation, diet, medical procedures, and the dose burden of the population are estimated. The main sources of radiation sources existing in the Zaporizhzhia region are considered, their characteristics are given, the rate of their influence on the environment and human is given. For this purpose a wide range of official literary sources and own researches were used.

The Zaporizhzhia region is located in the south-eastern part of Ukraine and remarkable of the geomorphological structure, which is characterized by the presence of Ukrainian crystalline array enriched with minerals with an elevated level of natural radioactivity. This explains the large component of the radiation dose of the population due to the natural component. Total medieval efficiency of the population dosage of the Zaporizhzhia region at the expense of the natural component – 4,37 mSv, the main contribution to this dose is Radon-222 – 76 %. The level of radon-222 in the air of residential premises ranges from 37 to 112 Bq·m⁻³. Moreover, the percentage of exceeding the norm (100 Bq·m⁻³) is from 8% to 62%, depending on the administrative district. On average, 25 % of residential buildings in the region do not match the requirements of NRSU-97 regarding the content of radon in the air of the premises. Even more acute problem of the increased Radon radiation appears for the children's population. Due to the more stringent requirements of NRSU-97 regarding Radon content in the air of premises of preschool educational institutions (PEI) (50 Bq·m⁻³), 99% of the premises of the PEI do not match the standards. Doses of children radiation because of Radon are higher than in adults and amounted to an average of 6.4 mSv per year with a spread of 4.3–9.7 mSv.

The second place after Radon exposure to Zaporozhia region is a medical exposure. The analysis of patient dose loads in recent years suggests that the annual dose of irradiation of the population fluctuates in the range of 0.86–0.97 mSv·year⁻¹, the average dose of irradiation is 0.9 mSv·year⁻¹, which is almost 50 % more than the average Ukrainian rate and exceeds the average in the world twice.

In the Zaporizhzhia region, the total annual radiation dose of the population due to the main sources of radiation is 5.0 mSv·year⁻¹, with the main contribution of Radon-222 – 3.3 mSv and medical exposure – 0.9 mSv. Radon-222 in the air of the premises is the most important radiation factor for the population of Zaporizhzhia region, which creates an average risk level that is unacceptable for the population and requires careful regulatory control with the help of governmental and regional programs.

Key words: radiation protection of the population, main sources of radiation, radiation dose of the population.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2019;24:53-64. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-53-64

Рівні опромінення населення залежать від багатьох чинників – географічного розташування місцевості, екологічних особливостей території, раціону харчування, наявності промислових підприємств, що використовують джерела іонізуючого випромінювання, розташування добувних і переробних підприємств, а також техногенного навантаження за рахунок відходів підприємств з високим вмістом природних радіонуклідів уранового і торієвого рядів.

The levels of exposure to the population depend on many factors – the geographical location of the area, the ecological features of the territory, the diet, the existence of industrial enterprises that use sources of ionizing radiation, the location of extractive and processing enterprises, as well as man-caused loading at the expense of enterprises with high content of natural uranium radionuclides and thorium series.

✉ Alla V. Kutsak, e-mail: alla758@ukr.net

Крім того, населення зазнає опромінення при використанні джерел іонізуючого випромінювання в медицині, причому в останні роки, за рахунок впровадження передових високодозних інноваційних технологій (комп'ютерна рентгенівська томографія, ангиографія), відзначається збільшення доз опромінення пацієнтів.

За даними Наукового комітету з дії атомної радіації (НКДАР) ООН, середньосвітова річна доза опромінення людини від усіх чинників складає $5,2 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ [1, 2]. При цьому природна компонента з урахуванням техногенно-підсиленого фону вносить в сумарну дозу $4,2 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, а в ній основною складовою є радон-222 – $1,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

В Україні сумарна доза опромінення населення дещо більша і складає $5,9 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ [3], а внесок природної складової з урахуванням техногенно-підсиленого фону значно вищий і досягає $5,1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Частка радону-222 в ній становить $2,4 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

Медичні процедури в світі вносять другий за величиною вклад в опромінення людей [2, 4]. В Україні, за даними Інституту громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України, доза опромінення від медичної діагностики складає $0,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, що дорівнює 7 % від усієї дози опромінення населення [5].

Зрозуміло, що особливості географічного розташування регіонів нашої країни та життєдіяльності населення в них характеризують і різноманітність радіаційного впливу на населення, тому дуже важливо мати інформацію про основні чинники опромінення населення в окремих регіонах країни для розробки заходів щодо їх зниження.

Ця проблема особливо актуальна для Запорізької області, де розташована найбільша в Європі Запорізька АЕС та існує висока природна радіаційна складова за рахунок виходу на поверхню скелястих порід з підвищеним вмістом урану і торію.

Мета роботи – оцінка сучасного стану проблеми забезпечення радіаційного захисту населення Запорізької області від основних джерел випромінювання.

Багаторічний контроль за рівнями гамма-фону на території Запорізької області [6] показав, що величина природного гамма-фону складає $0,104\text{--}0,116 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$, у середньому – $0,113 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. У приміщеннях рівні гамма-фону трохи вищі за рахунок гамма-випромінювання будматеріалів стін та перекриття. Усереднена величина потужності поглиненої дози гамма-випромінювання в повітрі приміщень складає $0,122 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$,

In addition, the population is exposed to irradiation using ionizing radiation sources in medicine, and in recent years, due to the introduction of advanced high-dose innovative technologies (computerized X-ray tomography, angiography), there is an increase in radiation doses of patients.

According to the UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), the average annual dose of human radiation from all factors is $5.2 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ [1, 2]. In this case, the natural component, taking into account the technogenically-enhanced background, makes a total dose of $4.2 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, and the main component is radon-222 – $1.5 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

In Ukraine, the total radiation dose of the population is somewhat higher and is $5.9 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ [3], and the contribution of the natural component, taking into account the technogenically-strengthened background, is much higher and reaches $5.1 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$. The part of radon-222 in it is $2.4 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

Medical procedures in the world make the second largest contribution to the irradiation of people [4, 2]. In Ukraine, according to the Institute of Public Health named after O.M. Marzyeyev NAMS of Ukraine, the dose of radiation from medical diagnostics is $0.5 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, which is equal to 7 % of the total radiation dose of the population [5].

It is clear that the peculiarities of geographical location of the regions of our country and the life of population in them are characterized by the diversity of radiation exposure to the population. In this regard, it is very important to have information on the main factors of public exposure in certain regions of the country to develop measures to reduce them.

This problem is especially relevant for Zaporizhzhia region, where Zaporizhzhia NPP is the largest in Europe and there is a high natural radiation component due to the rise of rock with high content of uranium and thorium on its the surface.

The **objective** of the work is to assess the current state of the problem of providing radiation protection to the population of Zaporizhzhia region from the main sources of radiation.

Long-term monitoring of gamma-background levels in the Zaporizhzhia region [6] showed that the natural gamma background value is $0.104\text{--}0.116 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$, on average – $0.113 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$. In the rooms, the gamma background level is slightly higher due to gamma radiation of building materials and walls. The average power of the absorbed dose of gamma radiation in the air of the premises is $0.122 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$,

а усереднена потужність поглиненої дози в повітрі на відкритій місцевості – 0,113 мкЗв/год.

Дослідження радіоактивності об'єктів навколишнього середовища [7] свідчить про те, що вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr в питній воді поверхневих джерел водопостачання, а саме р. Дніпро, значно менше нормованих допустимих рівнів ($2 \text{ Бк}\cdot\text{л}^{-1}$) і не відіграє визначної ролі в опроміненні населення [7].

Що стосується підземних джерел питного водопостачання, аналіз досліджень [8] підтверджує, що найбільша природна радіоактивність притаманна підземним джерелам, розмішеним в зоні залягання Українського кристалічного масиву. Природно, що й річна доза опромінення за рахунок питної води зі свердловин, розташованих в зоні його залягання, достатньо велика і може досягати понад 700 мкЗв.

Усі будівельні матеріали, які виготовляються з викопної сировини мають ту чи іншу природну радіоактивність. Вміст природних радіонуклідів у будівельних матеріалах відрізняється великою різноманітністю. Середні питомі активності природних радіонуклідів у різних викопних матеріалах залежать від родовищ, звідки використовується мінеральна сировина. Згідно з даними [9] ефективна питома активність природних радіонуклідів у гранітному щебені запорізьких кар'єрів коливається в межах $101\text{--}438 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, при цьому в деяких з них перевищує допустимий норматив $370 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$. Що стосується будівельних матеріалів і відходів виробництва Запорізької області, які використовуються в будівництві, їх радіоактивність коливається в межах $65\text{--}335 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ і практично не перевищує встановлені нормативи.

У 70–80-х роках минулого століття в з'явилася низка наукових праць, присвячених оцінці дозових навантажень, обумовлених викидами ТЕС в атмосферу природних радіонуклідів (ПРН). Проводилися дослідження і в районі розташування Запорізької ТЕС [10–12]. Встановлено, що Запорізька ТЕС на той час щорічно споживала 3,8 млн тонн вугілля різних родовищ і викидала в атмосферу 16,5 тис. тонн золи при ККД електрофільтрів 95–98 %. Відповідно до об'єму викиду золи і з урахуванням питомої активності радіонуклідів розрахована активність кожного радіонукліда, що викидаються в атмосферу протягом року Запорізькою ТЕС. Їх активність складала: ^{226}Ra – 103,9 мКи, ^{232}Th – 107,2 мКи, ^{40}K – 833,2 мКи, ^{210}Pb – 198,0 мКи [11].

Визначалась також концентрація окремих ПРН в атмосферному повітрі та накопичення їх на ґрунті, розраховані на 1 ГВт (ел) потужності (табл. 1).

and the average power of the absorbed dose in the air in the open area was $0.113 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

The study of radioactivity of environmental objects [7] shows that the content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in drinking water of surface water sources, namely the Dnipro River, is significantly lower than the normalized permissible levels ($2 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$) and does not play a prominent role in irradiation of the population [7].

With regard to underground sources of drinking water supply, the analysis of studies [8] confirms that the largest natural radioactivity is inherent in underground sources located in the zone of occurrence of the Ukrainian crystalline massif. Naturally, the annual dose of irradiation at the expense of drinking water from wells located in the zone of its occurrence, is quite large and can reach more than 700 μSv .

All building materials made from fossil raw materials have one or another natural radioactivity. The content of natural radionuclides in building materials is very diverse. The average specific activity of natural radionuclides in various fossil materials depends on the deposits from which mineral raw materials are used. According to the data of [9], the effective specific activity of natural radionuclides in the granite gravel of Zaporizhzhia quarries varies from 101 to 438 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, while in some of them the permissible norm is $370 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Regarding, building materials and waste products produced in the Zaporizhzhia region, which are used in construction, their radioactivity ranges from 65–335 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ and practically does not exceed the established norms.

In the 70–80th of the last century, a number of scientific papers devoted to the assessment of the dose loads caused by TES emissions into the atmosphere of natural radionuclides (PRNs) appeared in the literature. Studies were also conducted in the Zaporizhzhia TPP location [10–12]. It was established that Zaporizhzhia TPP annually consumed 3.8 million tons of coal from different fields and emitted 16.5 thousand tons of ash at an efficiency of 95–98 % of electric filters. According to the amount of ash emissions and considering the specific activity of radionuclides, the activity of each radionuclide, which is emitted into the atmosphere during the year by the Zaporizhzhia TPP, is calculated. Their activity was: ^{226}Ra – 103.9 mCi, ^{232}Th – 107.2 mCi, ^{40}K – 833.2 mCi, ^{210}Pb – 198.0 mCi [11].

It was also determined that the concentration of individual PRNs in the air and their accumulation on the soil, calculated on 1 GW (electric) power (Table 1).

Таблиця 1**Концентрація в повітрі ПРН і їх накопичення на ґрунті номінальної ТЕС, потужністю 1 ГВт (ел)****Table 1****Concentration in air of PRN and their accumulation on the basis of nominal TPP, power of 1 GW (EL)**

Параметр / Parameter	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po	²³² Th	⁴⁰ K
Концентрація в повітрі, Бк/л Concentration in air, Bq/L	$6,3 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-7}$	$1,4 \times 10^{-7}$	$6,3 \times 10^{-8}$	–
Накопичення на ґрунті, Бк Accumulation on the ground, Bq	$3,9 \times 10^{11}$	$9,2 \times 10^{10}$	$1,2 \times 10^{12}$	$7,0 \times 10^{11}$	–	$3,9 \times 10^{12}$

Для порівняння вивчався вміст ²²⁶Ra в атмосферному повітрі, де розташовані великі промислові підприємства і в районі теплоелектростанції [12]. Отримані результати представлені у табл. 2.

For comparison, the content of ²²⁶Ra in the atmospheric air, where large industrial enterprises are located and in the district of the thermal power plant [12], was studied. The obtained results are presented in the Table 2.

Таблиця 2**Порівняльна радіаційно-гігієнічна характеристика викидів ПРН великих промислових підприємств м. Запоріжжя і теплової електростанції****Table 2****Comparative radiation and hygienic characteristic of emissions of PRNs of large industrial enterprises of Zaporizhzhia and thermal power plants**

Район спостереження	Річний викид, Кі	Щільність випадень за 1 міс., мКі/км ²	Концентрація в повітрі, 10–18 Кі/л	Накопичення на ґрунті за рік, Кі
Surveillance area	Annual release, Ci	Density of precipitation for 1 month, mCi/km ²	Concentration in the air, 10–18 Ci/L	Accumulation on the soil for the year, Ci
Великі промислові підприємства Large industrial enterprises	0,425	0,17	2,3	2,04
Запорізька ТЕС Zaporizhzhia TPP	0,226	0,13	1,5	1,56

Встановлено, що в місті, де розташовані великі металургійні підприємства, викидається в атмосферу майже удвічі більше ²²⁶Ra, ніж в районі розташування ТЕС.

It was established that in a city where large metallurgical enterprises are located, the atmosphere is almost twice as much as ²²⁶Ra than in the vicinity of the TPP.

Вплив радіації на організм людини при знаходженні в приміщенні складається із зовнішнього та внутрішнього опромінення. Зовнішнє опромінення в приміщеннях створюється за рахунок гамма-випромінюючих природних радіонуклідів, наявних у будівельних матеріалах. Відповідно, чим більший вміст цих радіонуклідів, тим вищі рівні гамма-випромінювання. Внутрішнє опромінення створюється радоном при потраплянні його в органи дихання.

The effect of radiation on the human body when one located indoors consists of external and internal radiation. Exterior irradiation in premises is created at the expense of gamma-emitting natural radionuclides available in building materials. Moreover, the higher the content of these radionuclides, the higher the levels of gamma radiation. Internal radiation is generated by radon when it enters the respiratory system.

Вимірювання радону в повітрі одноповерхових будинків проводилось в 11 районах Запорізької області [13]. Визначено, що рівень радону-222 в повітрі приміщень житлових будинків коливається від 37 до 112 Бк · м⁻³. Відсоток перевищень нормативу, згідно з НРБУ для житлових приміщень (100 Бк · м⁻³), стано-

Measurement of radon in the air of one-storey houses was carried out in 11 districts of Zaporizhzhia region [13]. It is determined that the level of radon-222 in the air of residential buildings ranges from 37 to 112 Bq·m⁻³. Percentage of exceeding the norm, according to the NBU for residential premises

вить від 8 до 62 % залежно від району. В середньому 25 % житлових будівель області не відповідають вимогам НРБУ-97 щодо вмісту радону в повітрі приміщень.

Крім житлових приміщень, дослідження вмісту радону проводилися у дошкільних навчальних закладах (ДНЗ) Запорізької області [14]. Встановлено, що 99 % приміщень ДНЗ не відповідають нормативам, оскільки вимоги НРБУ-97 щодо вмісту радону в повітрі приміщень дошкільних навчальних закладів ($50 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$) є більш жорсткими.

Середньозважена ефективна доза опромінення населення за рахунок радону складає $3,3 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, в окремих районах цей показник варіює від 2 до $5,4 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Розподіл статистичних параметрів отриманих значень свідчить про значну варіабельність рівнів радону в окремих містах і районах Запорізької області.

Дози опромінення дітей за рахунок радону більші, ніж у дорослих, і складають в середньому $6,4 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ при розкиді $4,3\text{--}9,7 \text{ мЗв}$. Ґрунтуючись на результатах проведеної роботи, було розроблено комплекс протирадонових заходів, спрямованих на зниження вмісту радону-222 в приміщеннях, особливо в дошкільних навчальних закладах. Ці заходи були затверджені сесією Запорізької обласної Ради у березні 2013 року і додатково включені в «Програму захисту населення Запорізької області від дії іонізуючого випромінювання на 2011–2015 роки» [15].

Сумарна середньорічна ефективна доза опромінення населення Запорізької області від основних джерел природного походження складає $4,37 \text{ мЗв}$ [16] (табл. 3), що перевищує середньоукраїнський показник на 25 % [3]. Основний внесок у цю дозу дає радон-222 – $3,3 \text{ мЗв}$, що складає 76 %.

Аналіз доз опромінення за рахунок радону-222 показав, що за рахунок дихання в приміщеннях населення області отримує дозу $3,3 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$, а при вживанні води – $0,13 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$.

Стосовно дози зовнішнього опромінення населення за рахунок природних джерел, то вона складає на рік в приміщеннях $0,49 \text{ мЗв}$, на відкритій місцевості – $0,15 \text{ мЗв}$. Для загальної оцінки дози зовнішнього опромінення додавалась складова космічного випромінювання, вклад якої в ефективну дозу зовнішнього опромінення населення складає $0,3 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ [17].

Друге місце після радону щодо опромінення населення у Запорізькій області займає медичне опромінення (табл. 4) [18]. Аналіз дозових навантажень на

($100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$), ranges from 8 % to 62 %, depending on the area. On average, 25 % of residential buildings in the region do not meet the requirements of NRSU-97 regarding the content of radon in the air of premises.

In addition to living rooms, research on radon content was conducted in pre-school educational institutions (PEI) of the Zaporizhzhia region [14]. In connection with the more stringent requirements of NRSU-97 regarding radon content in the air of premises of PEI ($50 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$), 99 % of the premises of the DHS do not meet the standards.

The weighted average effective dose of radiation from the population at the expense of radon is $3.3 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, at the level of individual regions, this indicator varies from 2 to $5.4 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$. The distribution of statistical parameters of the obtained values indicates a significant variability of radon levels in some cities and districts of the Zaporizhzhia region.

Doses of radiation from children at the expense of radon are higher than in adults and amounted to an average of $6.4 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ at a spread of $4.3\text{--}9.7 \text{ mSv}$. Based on the results of the work, a complex of anti-radon measures aimed at reducing the content of radon-222 in premises, especially in pre-school educational institutions, was developed. These measures were approved by the session of the Zaporizhzhia Regional Council in March 2013 and are additionally included in the Program for the Protection of the Population of the Zaporizhzhia Region from Ionizing Radiation for 2011–2015 [15].

The total annual average effective dose of Zaporizhzhia region population from the main sources of natural origin is 4.37 mSv [16] (Table 3), which exceeds the average Ukrainian indicator by 25 % [3]. The main contribution to this dose is given by radon-222 – 3.3 mSv , which is 76 %.

The analysis of radiation doses at the expense of radon-222 showed that due to respiration in the premises the population of the region receives a dose of $3.3 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$, and using water – $0.13 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$.

Regarding the dose of external exposure to the population at the expense of natural sources, it makes up 0.49 mSv per year and 0.15 mSv in open areas. For the general assessment of the dose of external irradiation, a component of cosmic radiation was added, whose contribution to the effective dose of external exposure of the population was $0.3 \text{ mSv} \cdot \text{year}^{-1}$ [17].

The second place after radon exposure to Zaporizhzhia region is medical exposure (Table 4) [18]. The analysis of patient dose loads in recent

Таблиця 3**Річна доза опромінення населення Запорізької області від основних джерел природного походження (мЗв)****Table 3****Annual dose of Zaporizhzhia region population exposure from the main sources of natural origin (mSv)**

Найменування	Доза	Відсотки річної дози опромінення населення Запорізької області, %	Україна [3]
Name	Doses	Percentage of the annual dose of Zaporizhzhia district population, %	Ukraine [3]
Гамма-фон у приміщеннях (будматеріали) Gamma background in the premises (building materials)	0,49	11,2	0,5
Гамма-фон на відкритій місцевості Gamma background in the open air	0,15	3,4	0,15
Космічне опромінення Cosmic irradiation	0,3	6,9	0,3
Опромінення радоном-222 у приміщеннях Irradiation of ²²² Rn in the premises	3,3	75,5	2,4
Природні радіонукліди в питній воді Natural radionuclides in drinking water	0,13	3,0	0,15
Разом Together	4,37	100	3,5

пацієнтів за останні роки свідчить про те, що річна доза опромінення населення коливається в межах 0,86–0,97 мЗв·рік⁻¹, понад 50 % цієї дози населення отримує за рахунок рентгенографічного методу дослідження. Усереднена доза опромінення населення Запорізької області за рахунок медичного опромінення складає 0,9 мЗв·рік⁻¹, що майже на 50 % більше за середньоукраїнський показник і перевищує середньосвітовий удвічі.

years suggests that the annual dose of irradiation of the population fluctuates within the range of 0,86–0,97 mSv·year⁻¹, more than 50 % of this dose is received by the population due to the X-ray method of researches. The average dose of irradiation of the population of the Zaporizhzhia region at the expense of medical exposure is 0.9 mSv·year⁻¹, which is almost 50 % more than the average Ukrainian index and exceeds the average world twice.

Таблиця 4**Частота рентгенодіагностичних досліджень і дози опромінення населення Запорізької області в 2010–2014 рр.****Table 4****The frequency of X-ray diagnostic studies and radiation dose of the population of Zaporizhzhia region in 2010–2014**

Вид рентгенологічного дослідження X-ray type	Роки / Years					В середньому In average
	2010	2011	2012	2013	2014	
Кількість досліджень на одну людину / Number of studies per person						
Всього / Total	1,25	1,36	1,33	1,29	1,29	1,30
Рентгеноскопія / Radioscopy	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Рентгенографія / Radiography	0,81	0,61	0,67	0,59	0,60	0,66
Флюорографія / Fluorography	0,63	0,54	0,48	0,46	0,43	0,51
Комп'ютерна томографія / Computer tomography	0,014	0,018	0,018	0,014	0,018	0,016
Ангіографія / Angiography	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Ефективна доза, мЗв / Effective dose, mSv						
Всього / Total	0,92	0,94	0,95	0,86	0,97	0,92
Рентгеноскопія / Radioscopy	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Рентгенографія / Radiography	0,52	0,46	0,49	0,44	0,45	0,47
Флюорографія / Fluorography	0,26	0,27	0,24	0,23	0,21	0,24
Комп'ютерна томографія / Computer tomography	0,082	0,121	0,119	0,090	0,210	0,124
Ангіографія / Angiography	0,015	0,047	0,058	0,060	0,064	0,049

Зараз, більш ніж через 30 років після Чорнобильської аварії, головними дозоутворюючими «чорнобильськими» радіонуклідами є цезій-137 і стронцій-90, що надходять в організм людини з продуктами харчування. Результати досліджень [19] показали, що у 1987 році, після аварії на ЧАЕС, доза внутрішнього опромінення була найбільшою – 0,074 мЗв. В останні роки вона значно зменшилась і зараз складає 0,0033–0,0038 мЗв на рік, що в 21 раз менше, ніж у 1987 році (табл. 5).

Now, more than 30 years after the Chernobyl accident, the main dose-forming «Chernobyl» radionuclides are ^{137}Cs and ^{90}Sr that enter the human body with food. The results of studies [19] showed that in 1987, after the Chernobyl disaster, the dose of internal radiation was the largest – 0.074 mSv. In recent years, it has significantly decreased and now is 0,0033–0,0038 mSv per year, which is 21 times less than in 1987 (Table 5).

Таблиця 5

Дози опромінення населення за рахунок харчових продуктів

Table 5

Doses of radiation from the population at the expense of food products

Роки / Years	Населення, тис. осіб / Population, thousand people	Доза, мЗв / Dose, mSv
1987	2063,6	0,0740
2010	1876,4	0,0035
2011	1792,3	0,0035
2012	1785,9	0,0033
2013	1777,0	0,0036
2014	1766,9	0,0038

На території області розташована Запорізька атомна електростанція – найбільша АЕС в Європі. Її вплив на радіоактивність навколишнього середовища такий: рівень гамма-фону на території АЕС складає 0,08–0,1 мкЗв·год⁻¹, що не перевищує середній обласний показник 0,15–0,2 мкЗв·год⁻¹.

Вміст цезію-137 і стронцію-90 в основних продуктах харчування та питній воді на території Кам'янсько-Дніпровського району, розташованого поблизу АЕС, значно нижчий за допустимі рівні [6]. Річна доза опромінення населення за рахунок харчового раціону в зоні спостереження Запорізької АЕС складає 0,013–0,018 мЗв·рік⁻¹ [20].

Посилаючись на результати досліджень [21], можна констатувати, що на сьогодні сумарна доза опромінення населення Запорізької області від основних джерел випромінювання складає близько 5,0 мЗв · рік⁻¹, при цьому основний внесок дають радон-222 – 3,3 мЗв і медичне опромінення – 0,9 мЗв (табл. 6).

Порівнюючи результати з класифікацією ВООЗ, наведеною в [22], слід зазначити, що більшість радіаційних чинників опромінювання населення Запорізької області створюють низький рівень ризику, прийнятний для населення.

Водночас опромінювання радоном-222 у приміщеннях створює середній рівень ризику, який є неприйнятним для населення, що потребує подальшої роботи щодо зниження доз опромінення.

Zaporizhzhia NPP – the largest nuclear power plant in Europe – is located on the territory of the region. Its impact on the environmental radioactivity is as follows: the gamma background level on the NPP territory is 0.08–0.1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, which does not exceed the average regional value of 0.15–0.2 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

The content of cesium-137 and strontium-90 in the main food and drinking water in the territory of the Kam'yansko-Dniprovskiy district, located near the NPP, is much lower than the permissible levels [6]. The annual radiation dose of the population at an expense of the diet in the monitoring zone of the Zaporizhzhia NPP is 0.013 – 0.018 mSv·year⁻¹ [20].

Referring to the research results [21], it can be stated that for today the total radiation dose of the population of Zaporizhzhia region from the main sources of radiation is about 5.0 mSv·year⁻¹, with the main contribution is radon-222 – 3.3 mSv and medical irradiation – 0.9 mSv (Table 6).

Comparing the results with the WHO classification, presented in [22], it should be noted that the majority of radiation exposure factors of the population of Zaporizhzhia region create a low level of risk acceptable to the population.

At the same time, exposure to Radon-222 indoors creates an average level of risk that is unacceptable for the population, which needs further work to reduce radiation doses.

Таблиця 6**Дози опромінення і ризик виникнення негативних наслідків для населення Запорізької області****Table 6****Exposure dose and risk of adverse effects for the population of the Zaporizhzhia region**

Фактори опромінення	Річна доза, мЗв · рік ⁻¹	%	Ризик / Risks	
			НРБУ-97 (0,073 · Зв ⁻¹) (радон – 0,05 · Зв ⁻¹)	Публікація 103 МКРЗ (0,057 · Зв ⁻¹) (радон – 0,088 · Зв ⁻¹)
Factors irradiation	Annual dose mSv · year ⁻¹		NRSU-97 (0.073 · Sv ⁻¹) (radon – 0.05 · Sv ⁻¹)	ICRP Publication 103 (0.057 · Sv ⁻¹) (radon – 0.088 · Sv ⁻¹)
Опромінення радоном-222 в приміщеннях Irradiation with radon-222 indoors	3,3	66,1	1,65 · 10 ⁻⁴	2,90 · 10 ⁻⁴
Питна вода Drinking water	0,13	2,6	9,49 · 10 ⁻⁶	7,41 · 10 ⁻⁶
Медичне опромінення Medical exposure	0,9	18,0	6,57 · 10 ⁻⁵	5,13 · 10 ⁻⁵
Харчування Food	0,004	0,1	2,92 · 10 ⁻⁷	2,28 · 10 ⁻⁷
Запорізька АЕС Zaporizhzhia NPP	0,018	0,4	1,31 · 10 ⁻⁶	1,03 · 10 ⁻⁶
Зовнішнє опромінення на місцевості Exterior irradiation on the ground	0,15	3,0	1,10 · 10 ⁻⁵	8,55 · 10 ⁻⁶
Зовнішнє опромінення в приміщеннях Exterior irradiation indoors	0,49	9,8	3,58 · 10 ⁻⁵	2,79 · 10 ⁻⁵
Всього / Total	4,99	100	2,89 · 10 ⁻⁴	3,87 · 10 ⁻⁴

ВИСНОВКИ

З метою оцінки сучасного стану проблеми забезпечення радіаційного захисту населення Запорізької області від основних джерел випромінювання проведено аналіз закордонної і вітчизняної літератури.

1. За даними НКДАР ООН середньосвітова річна доза опромінення людини від усіх чинників складає 5,2 мЗв · рік⁻¹. При цьому природна компонента з урахуванням техногенно-підсиленого фону вносить в сумарну дозу 4,2 мЗв · рік⁻¹, основною складовою в ній є радон-222 – 1,5 мЗв · рік⁻¹.

2. В Україні сумарна доза опромінення населення складає 5,9 мЗв · рік⁻¹, а внесок природної складової з урахуванням техногенно-підсиленого фону досягає 5,1 мЗв · рік⁻¹. Частка радону-222 в ній становить 2,4 мЗв · рік⁻¹.

3. За даними НКДАР ООН середньосвітова річна ефективна доза опромінення на душу населення за рахунок медичного опромінення досягає 0,4 мЗв, що складає 7,7 % сумарної дози опромінення населення. В Україні, за оцінками вітчизняних науковців, цей показник складає 0,5 мЗв, що дорівнює 7 % від усіх джерел опромінення населення України.

CONCLUSIONS

In order to assess the current state of the problem of providing radiation protection to the population of Zaporizhzhia region from the main sources of radiation, an analysis of foreign and domestic literature was conducted.

1. According to UNSCEAR the average annual dose of human radiation from all factors is 5.2 mSv·year⁻¹. In this case, the natural component, taking into account the technogenically-enhanced background, makes a total dose of 4.2 mSv·year⁻¹, and the main component is radon-222 – 1.5 mSv·year⁻¹.

2. In Ukraine, the total dose of radiation of the population is 5.9 mSv·year⁻¹, and the contribution of the natural component, taking into account the technogenically-enhanced background, reaches 5.1 mSv·year⁻¹. The share of radon-222 in it is 2.4 mSv·year⁻¹.

3. According to UNSCEAR, the average annual effective dose of radiation per capita at the expense of medical exposure reaches 0.4 mSv, which is 7.7 % of the total radiation dose of the population. In Ukraine, according to the estimates of domestic scientists, this figure is 0.5 mSv, which is equal to 7 % of all sources of radiation of the population of Ukraine.

5. Встановлено, що у Запорізькій області сумарна річна доза опромінення населення за рахунок основних джерел випромінювання складає 5,0 мЗв·рік⁻¹, при цьому основний внесок дають радон-222 – 3,3 мЗв і медичне опромінення – 0,9 мЗв. Найбільш визначальним радіаційним фактором для населення Запорізької області є радон-222 в повітрі приміщень, що потребує особливої уваги і ретельного регулюючого контролю за допомогою державних і регіональних програм.

ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ НАУКОВИХ 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.

Обґрунтувати необхідність заходів щодо зменшення частоти призначення рентгенологічних досліджень, що дозволить понизити дози опромінення пацієнтів без збитку для результатів діагностики і лікування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доклад Научного комитета ООН по действию атомной радиации за 2000 год. Дополнение № 46. Нью-Йорк : НКДАР ООН, 2000. С. 201-260.
2. UNSCEAR 2006. Effects of ionizing radiation : Report to the General Assembly with Scientific Annexes / United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York : UN, 2008. 334 p.
3. Павленко Т. О. Радіаційно-гігієнічна оцінка доз опромінення населення України від техногенно-підсилених джерел природного походження : автореф. дис... канд. біол. наук : 14.02.01. Київ, 2010. 39 с.
4. UNSCEAR 2000. Effects of Radiation on the Environment; Report to the General Assembly with Scientists Annex / United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: UN, 2000. 842 p.
5. Сердюк А. М., Лось І. П. Проблеми сьогодення та шляхи їх подолання. *Гігієнічна наука та практика на рубежі століть : матеріали XIV з'їзду гігієністів України*. Дніпропетровськ, 2004. Т. II. С. 303-305.
6. Куцак А. В., Севальнев А. И., Костенецкий М. И. Дозы облучения населения за счет природных источников. *Материалы VI Всероссийской науч-практ. конф. с междунар. участием «Окружающая среда и здоровье»*. М., 2016. С. 300–305.
7. Піврічні звіти Запорізької обласної санепідслужби про дослідження радіоактивності об'єктів навколишнього середовища за ф.1-Р за 2011–2015 роки.
8. Костенецкий М. И., Севальнев А. И. Радиоактивность питьевой воды подземных источников и дозы облучения населения. *Материалы III Международного водного форума АКВА-Украина-2005*. Киев, 2005. С. 229–232.

4. It was established that the total annual radiation dose of population from the main sources of radiation in Zaporizhzhia region is 5.0 mSv·year⁻¹, with the main contribution from radon-222 – 3.3 mSv and medical exposure – 0.9 mSv. The most important radiation factor for the population of Zaporizhzhia district is radon-222 in the air, requiring special attention and thorough regulatory control through the application of state and regional programs.

PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

Continue work on reducing radiation exposure of the population of Zaporizhzhia region at the expense of radon-222 in the premises, which creates an average risk level that is unacceptable for the population.

To substantiate the necessity of measures to reduce the frequency of X-ray examination assignment, which will allow to reduce the radiation dose of patients without harm to the results of diagnosis and treatment.

REFERENCES

1. Report of the United Nations Scientific Committee on Operating Atomic Radiation for 2000. Supplement No. 46. New York: UNSCEAR UN; 2000. p. 201-60.
2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2006. Effects of Ionizing Radiation: Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York: UN; 2008.
3. Pavlenko TO. [Radiation-hygienic estimation of doses of irradiation of the population of Ukraine from technogenically-enhanced sources of natural origin] [the dissertation author's abstract]. Kyiv, Ukraine; 2010. 39 p.
4. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000. Effects of radiation on the environment. Report to the General Assembly with Scientists Annex. New York. UN; 2000. 842 p.
5. Serdiuk AM, Los IP. [Problems of the present and ways of overcoming them]. In: *[Hygienic science and practice at the turn of the century: Materials of the XIV Congress of Ukrainian Hygienist]*. Dnipropetrovsk; 2004. Vol. 2. p. 303-5. Ukrainian.
6. Kutsak AV, Sevalnev AY, Kostenetskiy MI. [Population doses from natural sources]. In: *[Proc. 6th All-Russian scientific-practical conference with international participation «Environment and Health»]*. Moscow; 2016, p. 300-5. Russian.
7. [Semi-annual reports of the Zaporizhzhya Regional Sanitary and Epidemiological Service on the study of the radioactivity of environmental objects for f.1-P for 2011-2015]. Ukrainian.
8. Kostenetskiy M. Y. [Radioactivity of drinking water of underground sources and dose of irradiation of the population]. In: *[Materials of*

9. Мурашко В. О., Костенецький М. І., Грибіненко Г. Т. Радіаційно-гігієнічний контроль у будівництві : навчальний посібник. Київ, 2009. 31 с.
10. Ilyin L. A., Knizhnikov V. A., Barkhudarov R. M. A relative risk estimation of excessive frequency of malignant tumors in population due to discharges into the atmosphere from fossil-fuel and nuclear station. *In: Proceedings of IV-th International Congress IRPA*. Paris, 1977. Vol. 1. P. 189.
11. Сухомлина А. Н., Буяновер М. И., Гуральник З. А., Трусевич И. Л. Загрязнение естественными радиоактивными изотопами атмосферного воздуха в районе эксплуатации тепловой электростанции. *Задачи гигиенической науки и практики в повышении эффективности и качества госнадзора за использованием ядерной энергии в мирных целях*. Л., 1978. С. 46–48.
12. Сухомлина А. Н., Костенецький М. И. Сравнительная радиационно-гигиеническая характеристика выбросов промышленных предприятий города и тепловой электростанции. *Актуальные вопросы радиационной гигиены : тез. докл. Всесоюз. конф. Обнинск, 1983*. С. 29–30.
13. Павленко Т. А., Костенецький М. И., Аксенов Н. В. Оценка доз облучения населения Запорожской области. *Вестник гигиены и эпидемиологии*. 2006. № 10 (1). С. 103–106.
14. Радон в дошкільних закладах Запорізької області та дози опромінення дітей / Т. О. Павленко, М. І. Костенецький, А. В. Куцак та ін. *Довкілля та здоров'я*. 2013. № 1 (64). С. 49–53.
15. Рішення сесії Запорізької обласної Ради № 42 від 28.03.2013 «Про доповнення до програми захисту населення Запорізької області від впливу іонізуючого випромінювання на 2011–2015 роки».
16. Куцак А. В. Радіаційно-гігієнічна оцінка доз опромінення населення Запорізької області та обґрунтування шляхів зменшення радіаційних ризиків для здоров'я населення : дис ... канд. мед. Наук : 14.02.01. Запоріжжя, 2016. 149 с.
17. Козлов В. Ф. *Справочник по радиационной безопасности*. М.: Энергоатомиздат, 1999. 515 с.
18. Вивчення частоти та доз опромінення за рахунок рентгенодіагностичних процедур / А.В. Куцак, А.І. Севальнев, М.І. Костенецький та ін. *Вісник проблем біології і медицини*. 2017. Вип. 2 (136). С. 70–74.
19. Дослідження вмісту цезію-137 та стронцію-90 у продуктах харчування з оцінкою доз опромінення населення і можливих негативних наслідків для здоров'я. / А. В. Куцак, А. І. Севальнев, М. І. Костенецький та ін. *Вісник проблем біології і медицини*. 2017. Вип. 1 (135). С. 75–78.
20. Состояние радиационной безопасности и радиационной защиты на Запорожской атомной электростанции. *Ежегодные отчеты за 2012–2016 годы*. Запорожье.
21. Костенецький М. І., Севальнев А. І., Куцак А. В. Радіоекологія середовища життєдіяльності населення Запорізької області. Запоріжжя : Вид-во ЗДМУ, 2017. 151 с.
22. Тимченко О. І., Сердюк А. М., Карташова С. С. Генотоксикологія і здоров'я. Розвиток методології оцінки. Київ, 2008. С. 128–129.
23. *the III International Water Forum AKVA-Ukraine*. Kyiv; 2005. p. 229-32. Ukrainian.
24. Murashko VO, Kostenetskyi MI, Hrybinenko HT. [Radiation and hygienic control in construction]. Kiev; 2009. 31 p. Ukrainian.
25. Ilyin LA, Knizhnikov VA, Barkhudarov RM. A relative risk estimation of excessive frequency of malignant tumors in population due to discharges into the atmosphere from fossil-fuel and nuclear station. *In: Proceedings of IV International Congress IRPA*. Paris, 1977. Vol. 1. P. 189.
26. Sukhomlyna AN, Buianover MI, Guralnik ZA, Trusevich IK. [Pollution by natural radioactive isotopes of atmospheric air in the area of operation of thermal power plants]. *In: [Collection of tasks of hygienic science and practice in improving the efficiency and quality of state sanitary supervision of the use of nuclear energy for peaceful purposes]*. Leningrad; 1978. p. 46-8. Russian.
27. Sukhomlyna AN, Kostenetskyi MI. [Comparative radiation and hygienic characteristics of emissions from industrial enterprises of the city and thermal power plants]. *In: [Abstracts of the All-Union Conference. Current issues of radiation hygiene]*. Obninsk; 1983. p. 29-30. Russian.
28. Pavlenko TA, Kostenetskyi MI, Aksionov NV. [Estimation of radiation doses to the population of Zaporozhye region]. *Journal of Hygiene and Epidemiology*. 2006;(1):103-6. Russian.
29. Pavlenko TO, Kostenetskyi MI, Kutsak AV, et al. [Radon in the pre-school mortgages of the Zaporizhia region and the dosage of the children]. *Dovkillia ta zdorovia [Environment and health]*. 2013;(1):49-53. Ukrainian.
30. [Decision of the session of the Zaporizhzhia Oblast Council № 42 dated March 28, 2013 «On the addition to the program of protection of the population of Zaporizhzhya region from the influence of ionizing radiation for 2011-2015»]. Ukrainian.
31. Kutsak AV. [Radiation and hygienic estimation of radiation dose of population of Zaporizhzhya region and substantiation of ways of reducing radiation risks for public health] [the dissertation author's abstract]. Zaporizhzhia; 2016. Ukrainian.
32. Kozlov VF. [Radiation Safety Handbook]. Moscow: Yenerhoatomizdat, 1999. 515 p. Russian.
33. Kutsak AV, Sevalniev AI, Kostenetskyi MI, et al. [Study of frequency and dose of irradiation due to X-ray diagnostic procedures]. *Bulletin of problems biology and medicine*. 2017;(2):70-4. Ukrainian.
34. Kutsak AV, Sevalniev AI, Kostenetskyi MI, et al. [Investigation of the content of cesium-137 and strontium-90 in food products with the estimation of doses of radiation of the population and possible negative consequences for health]. *Bulletin of problems biology and medicine*. 2017;(1):75-8.
35. [State of radiation safety and radiation protection at Zaporizhzhya Nuclear Power Plant. Annual reports for the years 2012-2016]. Zaporozhie. Russian.
36. Kostenetskyi MI, Sevalniev AI, Kutsak AV. [Radioecology of the living environment of the population of the Zaporizhzhya region]. Zaporizhzhia: Vyd-vo ZDMU; 2017.
37. Tymchenko OI, Serdiuk AM, Kartashova SS. [Genofond and health. Development of assessment methodology]. Kyiv; 2008. P. 128-9. Ukrainian.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Севальнєв Анатолій Іванович – канд. мед. наук, доцент, завідувач кафедри загальної гігієни та екології Запорізького державного медичного університету, м. Запоріжжя

Куцак Алла Валеріївна – канд. мед. наук, доцент кафедри загальної гігієни та екології Запорізького державного медичного університету, м. Запоріжжя

Соколовська Ірина Анатоліївна – канд. мед. наук, доцент кафедри загальної гігієни та екології Запорізького державного медичного університету, м. Запоріжжя

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anatoliy I. Sevalnev – MD, PhD, Associate Professor, Head of the Department of General Hygiene and Ecology, Zaporizhzhia State Medical University, Zaporizhzhia, Ukraine

Alla V. Kutsak – MD, PhD, Associate Professor of Department of General Hygiene and Ecology, Zaporizhzhia State Medical University, Zaporizhzhia, Ukraine

Iryna A. Sokolovska – MD, PhD, Associate Professor, Department of General Hygiene and Ecology, Zaporizhzhia State Medical University, Zaporizhzhia, Ukraine

Стаття надійшла до редакції 05.06.2019

Received: 05.06.2019