

DOI 10.29254/2077-4214-2021-2-160-77-80

УДК 613.648.4:614.876:621.311.25(477.64)

¹Севальнєв А. І., ¹Куцак А. В., ²Костенецький М. І., ²Лемешко Л. Т.

ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ В РАЙОНІ РОЗТАШУВАННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ АЕС

¹Запорізький державний медичний університет (м. Запоріжжя)

²ДУ «Запорізький обласний лабораторний Центр МОЗ України» (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», № державної реєстрації 0117U006957.

Вступ. Атомні електростанції є джерелом викидів і скидів радіоактивних речовин в навколишнє середовище регіону свого розташування. За рахунок джерел радіоактивності від АЕС формується доза опромінення населення, яка складається з гамма-фону, радіоактивності повітря, води, ґрунту та продуктів харчування.

З метою контролю доз опромінення населення в районі розташування Запорізької АЕС здійснюється радіологічний моніторинг навколишнього середовища відповідно до затвердженого «Регламенту радіаційного контролю при експлуатації об'єктів ВП «Запорізька АЕС» та «Методичних рекомендацій з санітарного контролю вмісту радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища» (1980 р.).

Запорізька АЕС розташована в Кам'янсько-Дніпровському районі Запорізької області на березі Каховського водосховища, за 55 км на південний захід від обласного центру.

На станції експлуатуються 6 енергоблоків з вододяними двоконтурними енергетичними реакторами ВВЕР-1000, сумарною електричною потужністю 6000 МВт.

У зоні спостереження станції (30-км зона) розташовано 59 поселень: 27 в Запорізькій області, 30 в Дніпропетровській і 2 в Херсонській.

Моніторинг радіаційної обстановки в районі розміщення АЕС ведеться постійно [1, 2]. В перелік показників контролю входять:

- виміри гамма-фону на промплощадке АЕС, в санітарно-захисній зоні і зоні спостереження;
- дослідження радіоактивності води р. Дніпро, ставка-охолоджувача і об'єктів довкілля;
- визначення вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції, що вирощується в районі зони спостереження.

З метою здійснення моніторингу навколо АЕС обладнані стаціонарні пости, де встановлені дозиметри, аспіраційні установки і кювети для відбору проб пилу, що осідає. Для оперативного контролю радіаційної обстановки в 30-км зоні АЕС розміщена мережа автоматичних станцій «Гамма-1», які проводять безперервні вимірювання гамма-фону і метеорологічних показників в контрольованих точках населених пунктів.

Також досліджуються основні продукти, які за даними обласного управління статистики входять в раціон харчування населення: хліб, м'ясо, молоко, риба, овочі, фрукти та питна вода.

Район розташування станції та межі її зони спостереження зображено на **рис. 1**.

Мета дослідження. Оцінити рівень гамма-фону в поселеннях 30-кілометрової зони Запорізької АЕС, вміст радіоактивних речовин в атмосферному повітрі, у воді Каховського водосховища, продуктах харчування та ґрунті. Визначити дози опромінення населення, порівняти їх з нормативними величинами і встановленими для Запорізької АЕС квотами лімітів доз, а також з показниками «нульового фону».

Об'єкт і методи дослідження. Об'єктом дослідження є повітря, вода Каховського водосховища, ґрунт, продукти харчування, в яких досліджувалися радіонукліди, а також гамма-фон місцевості.

В ході роботи застосовувались методи гамма-спектрометрії, бета-спектрометрії, сумарної радіометрії, дозиметрії. Для досліджень використовувались наступні прилади: спектрометри енергій гамма-бета-випромінювань, рідинний сцинтиляційний аналізатор, установка для вимірювання малих активностей, дозиметр-радіометр універсальний, термолюмінесцентні дозиметри та інші, що пройшли державну повірку.

Розрахунки доз опромінення населення здійснювалися із застосуванням коефіцієнтів, наведених в Публікації 103 МКРЗ [4].

Основне завдання контролю вмісту радіоактивних речовин у навколишньому середовищі полягає в

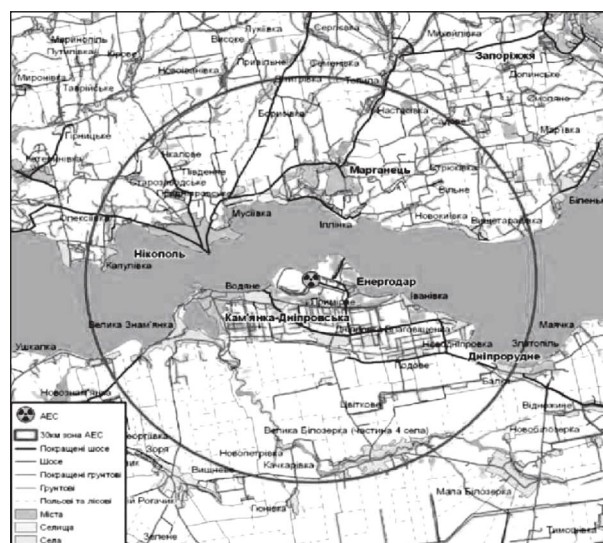


Рисунок 1 – Район розміщення Запорізької АЕС [3].

Таблиця 1 – Рівні гамма-фону та річні дози за рахунок зовнішнього опромінення

| Показник \ Рік | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Потужність дози, мкЗв·год ⁻¹ | 0,11-0,12 | 0,11-0,12 | 0,10-0,11 | 0,10-0,11 | 0,11-0,12 |
| Середня річна ефективна доза, мЗв·рік ⁻¹ | 0,65 | 0,64 | 0,60 | 0,60 | 0,64 |

Таблиця 2 – Радіоактивність повітря в контрольованих точках ЗАЕС, мкБк·м⁻³

| Роки | 2016 | | 2017 | | 2018 | | 2019 | | 2020 | |
|--------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Радіонукліди | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr |
| Показник | 1,1 | <0,06 | 1,0 | <0,06 | 1,1 | <0,06 | 1,0 | <0,06 | 1,8 | <0,1 |

Таблиця 3 – Радіоактивність води Каховського водосховища в районі ЗАЕС, Бк·м⁻³

| Точка відбору | Рік | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr |
|---------------------------------------|------|-------------------|------------------|
| Вище ЗАЕС (біля профілакторію ТЕС) | 2016 | <4,7 | 14,0 |
| | 2017 | <4,4 | 11,0 |
| | 2018 | <4,1 | 13,0 |
| | 2019 | <4,2 | 16,0 |
| | 2020 | <4,9 | 14,0 |
| На 500 м вище від продувної споруди | 2016 | <4,2 | 15,0 |
| | 2017 | <4,3 | 17,0 |
| | 2018 | <4,4 | 15,0 |
| | 2019 | <4,4 | 16,0 |
| | 2020 | <4,8 | 15,0 |
| На 1000 м нижче від продувної споруди | 2016 | <4,3 | 12,0 |
| | 2017 | <4,1 | 15,0 |
| | 2018 | <4,1 | 11,0 |
| | 2019 | <4,9 | 14,0 |
| | 2020 | <4,4 | 16,0 |

Таблиця 4 – Радіоактивність ґрунту на деяких постах спостереження ЗАЕС, кБк·м⁻²

| Роки | Радіонукліди | Найменування поста, відстань, напрям | | |
|------|-------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | с. Мічуріне, 3,5 км, південь | с. Водяне, 8 км, південний захід | с. Кам'янка, 15 км, захід |
| 2016 | ⁹⁰ Sr | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| | ¹³⁷ Cs | 0,04 | 0,10 | 0,08 |
| 2017 | ⁹⁰ Sr | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| | ¹³⁷ Cs | 0,01 | 0,10 | 0,20 |
| 2018 | ⁹⁰ Sr | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| | ¹³⁷ Cs | 0,76 | 0,4 | 0,60 |
| 2019 | ⁹⁰ Sr | 0,03 | 0,04 | 0,02 |
| | ¹³⁷ Cs | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 2020 | ⁹⁰ Sr | 0,04 | 0,02 | 0,03 |
| | ¹³⁷ Cs | 0,12 | 0,11 | 0,15 |

отриманні даних для оцінювання доз опромінення населення у порівнянні з нормованими величинами, показниками «нульового фону», а також з метою підтвердження обґрунтованості нормування викидів і скидів Запорізької АЕС.

Результати досліджень та їх обговорення. У процесі проведення моніторингу в поселеннях 30-кілометрової зони (контрольні точки) контролюється рівень гамма-фону, а також вміст радіоактивних речовин в атмосферному повітрі, у воді Каховського водосховища (р. Дніпро), у рибі, продуктах харчування та ґрунті.

Наводимо результати досліджень за останні 5 років (**табл. 1**).

За результатами вимірювань річна доза гамма-випромінювання складала 0,60 – 0,64 мЗв, що відповідає рівням «нульового фону» [5]. Вміст радіонуклідів в атмосферному повітрі контролювався аспіраційним методом в населених пунктах санітарно-захисної зони (**табл. 2**).

Таким чином показники виявленої концентрації ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у повітрі значно нижчі допустимих значень для населення згідно з НРБУ-97 (¹³⁷Cs – 0,8 Бк·м⁻³, ⁹⁰Sr – 0,2 Бк·м⁻³).

Дослідження радіоактивності води здійснювалось з прилеглої території Каховського водосховища, на 500 м вище розташування ЗАЕС та на 1000 м нижче від продувної споруди (**табл. 3**).

Результати досліджень свідчать, що концентрації ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у воді Каховського водосховища не перевищують показників «нульового фону» (¹³⁷Cs – 2,99 Бк·м⁻³, ⁹⁰Sr – 27,01 Бк·м⁻³).

Дослідження радіоактивності ґрунту зони спостереження ЗАЕС здійснювались шляхом відбору проб на 10 постах радіаційного контролю. Рівень радіоактивного забруднення ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr поверхневого шару ґрунту на окремих постах наведено в **табл. 4**.

За даними досліджень «нульового фону» вміст радіонуклідів у поверхневому шарі ґрунту становив: ⁹⁰Sr – 0,9 кБк·м⁻², ¹³⁷Cs – 1,2 кБк·м⁻².

Згідно з багаторічними спостереженнями вміст радіонуклідів в основних продуктах харчування склав (**табл. 5**).

Безумовно ці величини значно менші нормативних допустимих рівнів [6].

Доза опромінення населення від газо-аерозольних викидів складається з дози від хмари, дози від ґрунту, інгаляційної дози і дози від продуктів харчування.

Розрахунок сумарної річної дози опромінення за 2020 рік від газо-аерозольного викиду об'єктами ВП ЗАЕС на межі санітарно-захисної зони у точці максимуму показав величину 0,099 мкЗв, що не перевищує 0,25% від квоти ліміту дози визначеної для Запорізької АЕС, яка становить 40 мкЗв·рік⁻¹ (**табл. 6**).

Очікувані ефективні дози опромінення критичної групи населення від скиду радіонуклідів у відкриту водойму об'єктами ВП ЗАЕС у 2020 році за рибним харчовим ланцюжком складає 0,3 мкЗв, що становить 3,0% від квоти ліміту дози – 10 мкЗв·рік⁻¹.

Таким чином сумарна ефективна доза на критичну групу населення за рахунок газо-аерозольних викидів та рідинних скидів складала 0,4 мкЗв, що значно нижче нормативів, визначених Нормами радіаційної

безпеки України (НРБУ-97) [7], а також встановлених для Запорізької АЕС річної квоти ліміту дози.

Висновки.

Доза опромінення населення в районі розташування Запорізької АЕС за рахунок скидів та викидів АЕС становить 0,4 мкЗв на рік.

Доза опромінення населення в районі розташування Запорізької АЕС значно нижча нормативів, визначених Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97), а також встановлених для Запорізької АЕС квот ліміту дози.

Роботу Запорізької АЕС можна вважати безпечною для населення регіону її розташування.

Перспективи подальших досліджень. Продовжити роботу щодо радіологічного моніторингу в районі розташування Запорізької АЕС та визначення доз опромінення з метою контролю променевого навантаження населення. Розрахувати ризики від опромінення.

Таблиця 5 – Радіоактивність основних продуктів харчування в Кам'янсько-Дніпровському районі, Бк·кг⁻¹

| Продукт харчування | ⁹⁰ Sr | ¹³⁷ Cs |
|--------------------------|------------------|-------------------|
| М'ясо | 0,13 | 0,12 |
| Молоко та молокопродукти | 0,04 | 0,04 |
| Риба | 0,5 | 0,35 |
| Картопля | 0,06 | 0,08 |
| Хліб | 0,06 | 0,06 |
| Вода питна | 0,03 | 0,003 |

Таблиця 6 – Доза опромінення населення за рахунок газо-аерозольного викидів ЗАЕС, мкЗв·рік⁻¹

| Доза від хмари | Доза від ґрунту | Інгаляційна доза | Доза від продуктів харчування | Сумарна доза | Відсоток від квоти, % |
|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 5,8·10 ⁻² | 1,4·10 ⁻³ | 4,0·10 ⁻³ | 3,6·10 ⁻² | 9,9·10 ⁻² | 0,25 |

Література

1. MEVP Ukrainy. Shchorichni zvity «Stan radiatsiyanoi bezpeky ta protyradiatsiyonogo zakhystu» v VP «Zaporizka atomna elektrychna stantsiya» za 2016-2020 roky. [in Ukrainian].
2. Zaporiz'ka oblasna sanepidsluzhba. Pivrichni zvity Zaporizkoyi oblasnoyi sanepidemslyzhyby pro doclidzhnnya radioaktyvnosti ob'ektiv navkolyshnogo seredovysysha za f. 1-R za 2016-2020 roky. [in Ukrainian].
3. Kostenetskiy MI, Sevalnev AI, Kutsak AV. Radioekologiya seredovysysha zhytiediyalnosti naselennya Zaporizkoi oblasti: monografiya. Zaporizhzhya: ZSMU; 2017. 151 s. Dostupno: <https://elibrary.zsmu.edu.ua> > cgi > cg. [in Ukrainian].
4. MKRZ. Publikatsiia 103 MKRZ Rekomendatsiia 2007 goda Mezhdunarodnoi Komissii po Radiatsionnoi zashchite. M.: Izd.OOO PKF «Alana»; 2009. 334 s. [in Russian].
5. IBF MZ SSSR. Radiatsionnaya obstanovka v raione razmeshcheniya Zaporozhskoi AES do puska ee v ekspluatatsiiu. Moskva: IBF MZ SSSR. 1983. [in Russian].
6. MOZ Ukrainy. Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ¹³⁷Cs ta ⁹⁰Sr u produktakh kharchuvannya ta pytniy vodi. GN 6.6.1.1.-130-2006. Kyiv: MOZ Ukrainy; 2006. 22 s. [in Ukrainian].
7. Verkhovna Rada Ukrainy. Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97). [Internet]. Kyiv: VRU; 1998. Dostupno: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#Text>. [in Ukrainian].

ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ В РАЙОНІ РОЗТАШУВАННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ АЕС

Севальнев А. І., Куцак А. В., Костенецький М. І., Лемешко Л. Т.

Резюме. Стаття присвячена результатам радіологічного моніторингу в районі розташування Запорізької АЕС, що відзначається особливою актуальністю і має достатньо високий як науковий, так і практичний інтерес. В зв'язку з цим, дуже важливо мати інформацію про стан радіоактивності навколишнього середовища для оцінки стану радіаційної безпеки населення. Метою роботи було оцінити рівень гамма-фону в поселеннях 30-кілометрової зони Запорізької АЕС, вміст радіоактивних речовин в атмосферному повітрі, у воді Каховського водосховища, продуктах харчування та ґрунті. Визначити дози опромінення населення, порівняти їх з нормативними величинами і встановленими для Запорізької АЕС квотами лімітів доз, а також з показниками «нульового фону».

Об'єктами дослідження були: повітря, вода Каховського водосховища, ґрунт, продукти харчування. Застосовувались методи гамма-спектрометрії, бета-спектрометрії, сумарної радіометрії, дозиметрії. Для досліджень використовувались прилади: спектрометри енергій гамма-бета-випромінювань, рідинний сцинтиляційний аналізатор, установка для вимірювання малих активностей, дозиметр-радіометр універсальний, термолюмінесцентні дозиметри та інші, що пройшли державну перевірку.

Аналіз результатів показав, що за період спостереження 2016-2020 рр. рівні гамма-фону склали 0,10-0,12 мкЗв·год⁻¹, річна доза за рахунок зовнішнього опромінення – 0,60-0,64 мЗв на рік, що відповідає рівням нульового фону. Радіоактивність повітря знаходиться в межах: ¹³⁷Cs – 1,8 мкБк·м⁻³, ⁹⁰Sr – < 0,1 мкБк·м⁻³; радіоактивність ґрунту – ¹³⁷Cs – 0,15-0,75 кБк·м⁻², ⁹⁰Sr – 0,01-0,04 кБк·м⁻²; радіоактивність води Каховського водосховища – ¹³⁷Cs – 4,5 Бк·м⁻³, ⁹⁰Sr – 15 Бк·м⁻³. Радіоактивність основних харчових продуктів складає 0,06-0,35 Бк·кг⁻¹, що значно нижче допустимих рівнів.

Установлено, що доза опромінення населення регіону розташування Запорізької АЕС за рахунок скидів та викидів АЕС становить 0,4 мкЗв на рік, що значно нижче нормативів, визначених НРБУ-97, а також встановлених для Запорізької АЕС квот ліміту дози. Отже, роботу Запорізької АЕС можна вважати безпечною для населення регіону її розташування.

Ключові слова: Запорізька АЕС, дози опромінення населення, радіоактивність навколишнього середовища.

EXPOSURE DOSES OF THE POPULATION IN THE AREA OF THE ZAPORIZHZHHA NPP LOCATION

Sevalnev A. I., Kutsak A. V., Kostenetsky M. I., Lemeshko L. T.

Abstract. The article is devoted to the results of radiological monitoring in the area of the Zaporizhzhya NPP location, which is especially relevant and has a high enough scientific and practical interest. Therefore, it is very important to have information about the state of radioactivity in the environment to assess the state of radiation safety of the population. The aim of the work was to assess the level of gamma background in the settlements of the 30-kilometer zone of Zaporizhzhya NPP, the content of radioactive substances in the air, in the water of the Kakhovka Reservoir, food and soil. Determine the radiation doses of the population, compare them with the normative values and quotas of dose limits set for Zaporizhzhya NPP, as well as with the indicators of «zero background».

The objects of the study were: air, water of the Kakhovka reservoir, soil, food. Methods of gamma spectrometry, beta spectrometry, total radiometry, dosimetry were used. The following instruments were used for research: gamma-beta energy spectrometers, liquid scintillation analyzer, low activity measuring device, universal dosimeter-radiometer, thermoluminescent dosimeters and others that have passed state verification.

The analysis of the results showed that during the observation period of 2016-2020 the gamma background levels were 0.10-0.12 $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$, the annual dose due to external irradiation was 0.60-0.64 mSv per year, which corresponds to zero background levels. The radioactivity of the air is in the range: ^{137}Cs – 1.8 $\mu\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, ^{90}Sr – <0.1 $\mu\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$; soil radioactivity – ^{137}Cs – 0,15-0,75 $\text{kBq} \cdot \text{m}^{-2}$, ^{90}Sr – 0,01-0,04 $\text{kBq} \cdot \text{m}^{-2}$; radioactivity of water of Kakhovka reservoir – ^{137}Cs – 4,5 $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, ^{90}Cr – 15 $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$. The radioactivity of basic food products is 0.06-0.35 $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, which is much lower than acceptable levels.

It is established that the radiation dose to the population of the Zaporizhzhya NPP location region due to NPP discharges and emissions is 0.4 μSv per year, which is significantly lower than the standards set by NRB-97 and the dose limit quotas set for Zaporizhzhya NPP. Thus, the operation of Zaporizhzhya NPP can be considered safe for the population of the region of its location.

Key words: Zaporizhzhya NPP, radiation doses of the population, radioactivity of the environment.

Рецензент – проф. Катрушов О. В.

Стаття надійшла 24.12.2020 року