

DOI 10.29254/2077-4214-2022-3-166-129-136

UDC 614.78/.79:[613.648:[616-073.7+615.849.5]](477.64)

¹Sevalnev A. I., ¹Kutsak A. V., ²Kostenetsky M. I., ²Lemeshko L. T.**ASSESSMENT OF RADIATION-INDUCED DAMAGE TO THE POPULATION ZAPORIZHZHA REGION AT THE EXPENSE OF MEDICAL EXPOSURE**¹Zaporizhzhia State Medical University (Zaporizhzhia, Ukraine)²State Institution Zaporizhzhia Region Center for Disease Control and Prevention of the Ministers of Health of Ukraine (Zaporizhzhia, Ukraine)

alla758@ukr.net

In the article, a radiation-hygienic analysis of x-ray methods for researching the population of the Zaporizhzhia Oblast is carried out to assess the state of radiation exposure of the population due to medical exposure. The dynamics of the structure and frequency of X-ray examinations were analyzed. Individual and collective radiation doses of the population were determined. Risks of population exposure from medical research are calculated.

According to the UNSCEAR and the ICRP, medical radiation makes the largest contribution to the radiation dose of the world's population in situations of planned exposure and amounts to an average of 0.4 mSv per year. The number of stochastic (probable) effects – cancer diseases in irradiated persons and hereditary diseases in their descendants – is considered a measure of medical radiation's negative impact. To calculate the probability of stochastic effects, the ICRP determined the average risk coefficient by gender and age, which for the entire population is $5.7 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$. The assessment of the level of damage from exposure assumes that as a result of exposure to an effective dose of 1 Sv of one thousand citizens, 57 people will have stochastic effects during their lifetime.

In recent years, there has been a tendency to reduce doses of exposure to the population due to medical X-ray examinations, which is associated with a decrease in the country's population, a decrease in the number of examinations and a partial replacement of analog devices with digital imaging systems. At the same time, the collective effective dose was 22.9 thousand manSv, and the absolute risk of additional cases of oncological diseases was 1485.6 per year. The collective effective dose of the population of Zaporizhzhia Oblast, due to X-ray studies, decreased from 2754.6 person-Sv in 2016 to 2180.3 person-Sv in 2020. X-ray and fluorography made the main contribution to this dose.

The estimated risk of negative consequences for the population of Zaporizhzhia Oblast due to medical radiation (ie, the number of oncological and genetic diseases) decreased from 157.0 cases in 2016 to 124.3 cases in 2020 over 5 years.

Key words: medical exposure of the population, X-ray diagnostic procedures, radiation-induced risk.

Connection of the publication with planned research works. This work is a fragment of the scientific research of the department of General Hygiene and Ecology of the ZSMU, "Scientific substantiation and risk management in the public health system", state registration number 0117U006957.

Introduction. Medical radiation due to X-ray diagnostics and other ionizing radiation has a negative effect on the human body. At the same time, the number of stochastic (probable) effects – cancer diseases in irradiated persons and hereditary (genetic) diseases in their descendants – is considered to assess its negative impact.

To calculate the probability of stochastic effects, the ICRP determined the average risk coefficient by gender and age, which for the entire population is $5.7 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ [1]. This means that due to exposure to an effective dose of 1 Sv of one thousand citizens, 57 people will have stochastic effects during their lifetime. In this way, the level of damage from exposure is assessed.

The use of ionizing radiation in medicine is widespread throughout the world. According to the UNSCEAR and the ICRP, medical radiation makes the largest contribution to the radiation dose of the world's population in situations of planned exposure [1, 2] and is an average of 0.4 mSv per year. At the same time, depending on the state of health care in the country, it ranges from

1.2 to < 0.02 Sv (the better the state of health care, the greater the number of x-ray examinations and, accordingly, the radiation dose).

In recent years, population exposure for medical purposes has been growing globally and is currently the largest anthropogenic source of radiation exposure.

For example, in the USA, in 2006, during medical procedures, the population received a dose of 3.1 mSv, seven times higher than in the early 1980s [3]. In this regard, medical exposure accounted for about half of the total exposure dose to the US population from all sources of exposure.

Scientists attribute this to an increase in high-dose X-ray medical imaging procedures, specifically, X-ray computed tomography (CT). It is estimated that as a result of CT examinations conducted in 2007 in the USA, approximately 29,000 additional malignant tumors may occur, significantly increasing the overall risk of medical radiation.

In Ukraine, according to the Institute of Public Health named after M.O. Marzev of the National Academy of Sciences of Ukraine, in the early 2000s, the population radiation dose due to medical diagnostics amounted to 0.5 mSv per year, which is equal to 7% of the entire population radiation dose of Ukraine [4].

In recent years, there has been a tendency to decrease the doses of radiation to the population due to

medical X-ray examinations, which is connected with the decrease in the country's population (2011 – 45.9 million people, 2017 – 42.6 million people), a decrease in the number of studies and partial replacement analog devices to digital imaging systems, for which the effective radiation doses are lower. At the same time, the collective effective dose amounted to 22.9 thousand manSv, and the absolute risk of additional cases of oncological diseases was 1485.6 per year [5].

The work aims to assess the radiation load state of the Zaporizhzhia Oblast population due to medical exposure and damage from radiation exposure.

Object and research methods. The article provides a radiation-hygienic analysis of radiological methods for researching the Zaporizhzhia Oblast population for 2016-2020. In particular, the dynamics of the structure and frequency of radiological examinations and individual and collective radiation doses of the population were analyzed. Calculated population exposure risks from medical research.

Analytical, statistical, and computational research methods were used in work. When calculating the effective radiation doses of patients, the results of research by specialists of the SO «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» [5]. Statistical data on the number of studies are obtained from the annual reports of medical institutions of the region, form No. 20.

The collective effective dose of Si for each type of X-ray examination was calculated according to the formula [6]:

$$S_i = \sum E_i \cdot N_i,$$

where E_i is the average effective dose from the i -th type of X-ray examination; N_i is the number of x-ray studies of the i -th type of research.

Subsequently, the average values of the doses by study groups were calculated.

The assessment of radiation risks of stochastic effects (RE) was carried out according to the formula:

$$R_E = S_E \cdot r_E,$$

where S_E is the collective effective dose, Sv; r_E is the radiation effect risk factor (oncological and genetic diseases), Zv^{-1} .

Research results and their discussion. According to the order of reduction of the patient's radiation dose for one study, radiological procedures are divided as follows: angiography, computer tomography, radioscopy, mammography, fluorography, radiography, dentography [7]. Information on the structure and frequency of radiologi-

cal examinations of various types gives a certain characteristic of the radiation load on the patient (**table 1**).

Analyzing the structure of radiological studies, it can be stated that the percentage of high-dose computed tomography increased from 1.27 in 2016 to 2.91 in 2020 over five years. The rate of radiography also increased from 49.22 in 2016 to 55.59 in 2020.

At the same time, the percentage of high-dose radiography decreased from 2.44 in 2016 to 1.96 in 2020. The same trend is observed with high-dose fluorography: a decrease from 33.02 in 2016 to 24.03 in 2020.

Characterizing the research frequency, it should be noted that the total frequency of x-ray research per person in 5 years decreased from 1.29 in 2016 to 1.08 in 2020. At the same time, the largest increase was due to high-dose studies – radiography from 0.031 in 2016 to 0.021 in 2020 and fluorography – from 0.43 in 2016 to 0.26 in 2020. The decrease in the total frequency of procedures can be explained by the COVID-19 epidemic, during which there was an extended moratorium on hospitalization and restrictions on providing second-level medical care to the population. To diagnose pneumonia caused by the COVID-19 virus, the Ministry of Health recommended conducting computed tomography, which increased the frequency of computed tomography from 0.016 in 2016 to 0.031 in 2020. Nevertheless, during this time, the patient's radiation doses decreased (**table 2**).

Thus, the individual total effective dose due to medical radiation decreased from 1.58 mSv in 2016 to 1.31 mSv in 2020. At the same time, the dose decreased the most due to radiography from 0.75 mSv in 2016 to 0.57 mSv in 2020, fluorography from 0.45 mSv in 2016 to 0.29 mSv in 2020, and radiography from 0.208 mSv in 2016 to 0.121 mSv in 2020.

At the same time, the radiation dose in patients from the most high-dose studies increased: computed tomography from 0.19 mSv in 2016 to 0.28 mSv in 2020 and angiography from 0.017 mSv in 2016 to 0.026 mSv in 2020.

Based on the above, the collective effective dose of the population of the Zaporizhzhya Region, due to X-ray studies, decreased from 2754.6 manSv in 2016 to 2180.3 manSv in 2020. X-ray and fluorography made the main contribution to this dose.

The estimated risk of negative consequences for the population of the Zaporizhzhya Region due to medical radiation (ie, the number of oncological and genetic

Table 1 – Structure and frequency of X-ray examinations of the population in the Zaporizhzhia Region

| Years | Structure (%) | | | | | | | Frequency of studies per 1 person | | | | | | | |
|-------|---------------|--------------|-------------|---------------------|-------------|------------|-------------|-----------------------------------|-------------|--------------|-------------|---------------------|-------------|------------|-------------|
| | Radiography | Fluorography | Dentography | Computer tomography | Mammography | Radioscopy | Angiography | Total | Radiography | Fluorography | Dentography | Computer tomography | Mammography | Radioscopy | Angiography |
| 2016 | 49,22 | 33,02 | 11,04 | 1,27 | 2,80 | 2,44 | 0,21 | 1,29 | 0,63 | 0,43 | 0,142 | 0,016 | 0,036 | 0,031 | 0,003 |
| 2017 | 51,19 | 28,62 | 12,23 | 1,32 | 4,29 | 2,26 | 0,10 | 1,40 | 0,72 | 0,40 | 0,171 | 0,018 | 0,060 | 0,032 | 0,001 |
| 2018 | 46,34 | 27,12 | 17,77 | 1,42 | 5,48 | 1,77 | 0,09 | 1,52 | 0,71 | 0,41 | 0,271 | 0,022 | 0,084 | 0,027 | 0,001 |
| 2019 | 52,36 | 25,96 | 14,87 | 1,60 | 2,99 | 2,05 | 0,16 | 1,35 | 0,70 | 0,35 | 0,200 | 0,022 | 0,040 | 0,028 | 0,002 |
| 2020 | 55,59 | 24,03 | 12,59 | 2,91 | 2,72 | 1,96 | 0,20 | 1,08 | 0,60 | 0,26 | 0,136 | 0,031 | 0,029 | 0,021 | 0,002 |

diseases) decreased from 157.0 cases in 2016 to 124.3 cases in 2020 over 5 years.

Conclusions

The total frequency of radiological examinations for 5 years decreased from 1.29 in 2016 to 1.08 in 2020. The highest frequency of x-ray examinations per person is radiography (0.60-0.72) and fluorography (0.26-0.43).

The collective effective dose of the population of the Zaporizhzhya Region due to X-ray research decreased from 2754.6 manSv in 2016 to 2180.3 manSv in 2020, which corresponds to all-Ukrainian trends.

The estimated risk of negative consequences for the population of the Zaporizhzhya Region (i.e. the number of possible oncological and genetic diseases) from X-ray examinations decreased from 157.0 cases in 2016 to 124.3 cases in 2020.

Table 2 – Irradiation doses of the population of the Zaporizhzhia Region and the risk of adverse consequences due to X-ray examinations

| Years | Individual effective dose, (mSv) | | | | | | | | Collective effective dose, manSv | Risk (number of cases) |
|-------|----------------------------------|-------------|--------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|
| | Radioscopy | Radiography | Fluorography | Computer tomography | Angiography | Dentography | Mammography | Total E _{eff} | | |
| 2016 | 0,208 | 0,75 | 0,45 | 0,19 | 0,017 | 0,005 | 0,033 | 1,58 | 2754,622 | 157,0 |
| 2017 | 0,219 | 0,77 | 0,44 | 0,16 | 0,016 | 0,003 | 0,024 | 1,63 | 2816,940 | 160,6 |
| 2018 | 0,208 | 0,75 | 0,45 | 0,19 | 0,017 | 0,005 | 0,033 | 1,66 | 2851,558 | 162,5 |
| 2019 | 0,185 | 0,73 | 0,38 | 0,20 | 0,026 | 0,004 | 0,016 | 1,55 | 2624,049 | 149,6 |
| 2020 | 0,121 | 0,57 | 0,29 | 0,28 | 0,026 | 0,003 | 0,015 | 1,31 | 2180,352 | 124,3 |

Prospects for further research. Monitoring of radiation protection of patients, substantiation and optimization of the necessity to carry out radiological procedures in medicine is quite relevant, in the future, it is planned to develop and put into practice a methodical guide on issues of control and accounting of individual radiation doses of patients during medical radiation.

References

1. Mezhdunarodnaya Komissiya po Radiatsionnoy zashchite. Rekomendatsii 2007 goda Mezhdunarodnoy Komissii po Radiatsionnoy zashchite. Publikatsiya 103 MKRZ. Moskva. 2009. 343 s.
2. Nauchnyy Komitet OON po deystviyu atomnoy radiatsii. Doklad Nauchnogo Komiteta OON po deystviyu atomnoy radiatsii za 2000 god (Dopolneniye № 46). N'yu-York. 2000. 649 s.
3. NCRP. Ionizing Radiation Exposure of The Population of The United States. NCRP Report №160/ National Council of Radiation Protection and Measurements. Bethesda (MD, USA). 2009. 387 p.
4. Serdyuk AM, Los' IP. Problemy s'ohodennya ta shlyakhy yikh podolannya. Hihiyenichna nauka ta praktyka na rubizhi stolit'. Mat. XIV z'yizdu hihiyenistiv Ukrayiny. Dnypropetrovs'k. 2004. s. 303-305. [in Ukrainian].
5. Stadnyk LL, Nosyk OV. Vyznachennya kolektivnykh efektyvnykh ta ekvivalentnykh doz i radiatsiynykh ryzykiv naselennya Ukrayiny za rakhunok renthenodiagnostychnykh doslidzhen'. Dovkillya ta zdorov'ya. 2019;4:4-12. [in Ukrainian].
6. Bly R, Jahnen A, Jrvinen H, Olerud H, Vasileva J, Vogiatzi S. Collective effective dose in Europe from X-ray and nuclear medicine procedures. Radiat. Prot. Dosimetry. 2015;165(1-4):129-133.
7. Kostenetskiy MI, Myagkov AN. Kriterii vybora luchevego metoda issledovaniya pri razlichnykh klinicheskikh problemakh. Prakticheskoye posobiye dlya vrachey. Zaporozh'ye; 2003. 103 s.

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНО-ІНДУКОВАНОЇ ШКОДИ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА РАХУНОК МЕДИЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ

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

Резюме. Стаття присвячена оцінці стану дозового навантаження населення від медичного опромінення та розрахунку шкоди від радіаційного впливу. Це питання відзначається особливою актуальністю і має достатньо високий як науковий, так і практичний інтерес.

Мета дослідження. З метою оцінки стану променевого навантаження населення Запорізької області нами було проведено радіаційно-гігієнічний аналіз рентгенологічних методів дослідження населення Запорізької області за 2016-2020 роки. Зокрема, проаналізовано в динаміці структура та частота рентгенологічних досліджень, а також індивідуальні та колективні дози опромінення населення. за рахунок медичного опромінення і розрахунок шкоди від радіаційного впливу.

Об'єкт та методи дослідження. Об'єктом дослідження було населення Запорізької області. При проведенні роботи використовувались аналітичні, статистичні та розрахункові методи дослідження. При розрахунку ефективних доз опромінення пацієнтів були використані результати досліджень фахівців ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України». Статистичні дані з кількості досліджень отримані з річних звітів лікувальних закладів області, форма № 20.

Результати дослідження та їх обговорення. Визначено, що сумарна частота рентгенологічних досліджень за 5 років знизилась з 1,29 у 2016 році до 1,08 у 2020 році. Найбільшу частоту рентгенологічних досліджень на одну людину складають рентгенографія (0,60-0,72) і флюорографія (0,26-0,43). Встановлено, що колективна ефективна доза населення Запорізької області за рахунок рентгенологічних досліджень знизилась з 2754,6 люд.-Зв у 2016 році до 2180,3 люд.-Зв у 2020 році, що відповідає загальноукраїнським тенденціям. Розрахунковий ризик негативних наслідків для населення Запорізької області (тобто кількість можливих онкологічних та генетичних захворювань) від рентгенологічних досліджень знизився з 157,0 випадків у 2016 році до 124,3 випадків у 2020 році.

Ключові слова: медичне опромінення населення, рентгенодіагностичні процедури, радіаційно-індукований ризик.

ASSESSMENT OF RADIATION-INDUCED DAMAGE TO THE POPULATION ZAPORIZHZHA REGION AT THE EXPENSE OF MEDICAL EXPOSURE

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

Abstract. The article is devoted to the assessment of the dose of the population from medical exposure and the calculation of damage from radiation exposure. This issue is particularly relevant and has a fairly high scientific and practical interest.

The aim of the study. In order to assess the state of radiation exposure of the population of Zaporozhye region, we conducted a radiation and hygienic analysis of radiological methods of research of the population of Zaporozhye region for 2016-2020.

The object and methods of research. The object of research was the population of Zaporozhye region. Analytical, statistical and computational research methods were used in the work. The collective effective dose for each type of radiological examination was calculated according to the instructions Radiate. Prot. Dosimetry. 2015. Subsequently, the average values of doses by study groups were calculated. When calculating the effective radiation doses of patients, the results of research by specialists of the Institute of Medical Radiology named after S.P. Grigoriev National Academy of Medical Sciences of Ukraine.

Research results and their discussion. It is determined that the total frequency of X-ray examinations for 5 years decreased from 1.29 in 2016 to 1.08 in 2020. The highest frequency of radiological examinations per person is radiography (0.60-0.72) and fluorography (0.26-0.43). It is established that the collective effective dose of the population of Zaporizhia region due to X-ray examinations decreased from 2754.6 man-stars in 2016 to 2180.3 man-stars in 2020, which corresponds to the all-Ukrainian trends. The estimated risk of negative consequences for the population of Zaporizhia region (namely the number of possible oncological and genetic diseases) from X-ray examinations decreased from 157.0 cases in 2016 to 124.3 cases in 2020.

Key words: medical exposure of the population, X-ray diagnostic procedures, radiation-induced risk.

ORCID and contributionship:

Sevalnev A. I.: 0000-0002-2559-5501 ^{ABDF}

Kutsak A. V.: 0000-0002-5697-4045 ^{ABD}

Kostenetsky M. I.: – ^{ABCD}

Lemeshko L.T.: – ^{ABD}

Conflict of interest:

The Authors declare no conflict of interest.

Corresponding author

Kutsak Alla Valeriyivna

Zaporizhzhia State Medical University

Ukraine, 69035, Zaporizhzhia, 26 Maiakovskiyi av.

Tel.: 380671557397

E-mail: alla758@ukr.net

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article.

Received 10.03.2022

Accepted 06.08.2022

DOI 10.29254/2077-4214-2022-3-166-129-136

УДК 614.78/.79:[613.648:[616-073.7+615.849.5]](477.64)

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

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНО-ІНДУКОВАНОЇ ШКОДИ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА РАХУНОК МЕДИЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ

¹Запорізький державний медичний університет (м. Запоріжжя, Україна)

²ДУ «Запорізький обласний центр контролю та профілактики хвороб
МОЗ України» (м. Запоріжжя, Україна)

alla758@ukr.net

У статті проведено радіаційно-гігієнічний аналіз рентгенологічних методів дослідження населення Запорізької області з метою оцінки стану променевого навантаження населення за рахунок медичного опромінення. Проаналізовано в динаміці структуру, частоту рентгенологічних досліджень. Визначено індивідуальні та колективні дози опромінення населення. Розраховано ризики опромінення населення від медичних досліджень.

За даними НКДАР ООН та МКРЗ медичне опромінення дає найбільший внесок в дозу опромінення населення світу в ситуація планового опромінення і складає у середньому 0,4 мЗв на рік. Мірою оцінки негативного впливу медичного опромінення вважається кількість стохастичних (ймовірних) ефектів –

онкологічних захворювань в опроміненні осіб та спадкових хвороб у їх нащадків. Для розрахунку ймовірності виникнення стохастичних ефектів МКРЗ визначила середній за статтю і віком коефіцієнт ризику, який для всієї популяції населення становить $5,7 \cdot 10^{-2} \cdot 3\text{в}^{-1}$. Оцінка рівня шкоди від опромінення передбачає, що внаслідок опромінення ефективною дозою 1 Зв однієї тисячі громадян 57 людей впродовж свого життя матимуть стохастичні ефекти.

Останніми роками спостерігається тенденція до зменшення доз опромінення населення за рахунок медичних рентгенологічних досліджень, що пов'язано зі зменшенням населення країни, зменшенням кількості досліджень та частковою заміною аналогових апаратів на цифрові системи візуалізації. При цьому колективна ефективна доза склала 22,9 тис.люд.-Зв, а абсолютний ризик виникнення додаткових випадків онкологічних захворювань – 1485,6 на рік. Колективна ефективна доза населення Запорізької області, за рахунок рентгенологічних досліджень зменшилась з 2754,6 люд.-Зв у 2016 році до 2180,3 люд.-Зв в 2020 році. Основний внесок у цю дозу дала рентгенографія і флюорографія.

Розрахунковий ризик негативних наслідків для населення Запорізької області внаслідок медичного опромінення (тобто кількість онкологічних і генетичних захворювань) за 5 років знизився з 157,0 випадків у 2016 році до 124,3 випадків у 2020 році.

Ключові слова: медичне опромінення населення, рентгенодіагностичні процедури, радіаційно-індукований ризик.

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. Медичне опромінювання внаслідок рентгендіагностики, як й інші види іонізуючого випромінювання негативно впливає на організм людини. При цьому мірою оцінки його негативного впливу вважається кількість стохастичних (ймовірних) ефектів – онкологічних захворювань в опроміненні осіб та спадкових (генетичних) хвороб у їх нащадків.

Для розрахунку ймовірності виникнення стохастичних ефектів МКРЗ визначила середній за статтю і віком коефіцієнт ризику, який для всієї популяції населення становить $5,7 \cdot 10^{-2} \cdot 3\text{в}^{-1}$ [1]. Це означає, що внаслідок опромінення ефективною дозою 1 Зв однієї тисячі громадян 57 людей впродовж свого життя матимуть стохастичні ефекти. Таким чином оцінюється рівень шкоди від опромінення.

Застосування іонізуючого випромінювання в медицині широко поширене у всьому світі. За даними НКДАР ООН та МКРЗ медичне опромінення дає найбільший внесок в дозу опромінення населення світу в ситуації планового опромінення [1, 2] і складає у середньому 0,4 мЗв на рік. При цьому в залежності від рівня стану охорони здоров'я в країні вона коливається від 1,2 до < 0,02 Зв (чим кращий стан охорони здоров'я, тим більша кількість рентгенологічних обстежень і, відповідно, доза опромінення).

Останніми роками у світі опромінення населення у медичних цілях росте і нині є найбільшим антропогенним джерелом радіаційного впливу.

Так, наприклад, у США ще у 2006 році при проведенні медичних процедур населення отримало дозу 3,1 мЗв, яка у 7 разів більша ніж на початку 1980-х років [3]. У зв'язку з цим медичне опромінення склало близько половини загальної дози опромінення населення США від усіх джерел опромінення.

Науковці пояснюють це збільшенням кількості високодозних рентгенологічних процедур медичної візуалізації, зокрема рентгенівської комп'ютерної томографії (КТ). Підраховано, що внаслідок КТ-досліджень, проведених у 2007 році у США, може виникнути додатково близько 29 тисяч злоякісних

пухлин, що значно збільшує загальний ризик від медичного опромінення.

В Україні, за даними Інституту громадського здоров'я ім. М.О. Марзєєва НАМН України, на початку 2000-х років доза опромінення населення за рахунок медичної діагностики склала 0,5мЗв на рік, що дорівнює 7% від усієї дози опромінення населення України [4].

Останніми роками спостерігається тенденція до зменшення доз опромінення населення за рахунок медичних рентгенологічних досліджень, що пов'язано зі зменшенням населення країни (2011 рік – 45,9 млн.осіб, 2017 – 42,6 млн.осіб), зменшенням кількості досліджень та частковою заміною аналогових апаратів на цифрові системи візуалізації, для яких ефективні дози опромінення нижчі. При цьому колективна ефективна доза склала 22,9 тис.люд.-Зв, а абсолютний ризик виникнення додаткових випадків онкологічних захворювань – 1485,6 на рік [5].

Мета роботи. Оцінити стан променевого навантаження на населення Запорізької області за рахунок медичного опромінення і шкоду від радіаційного впливу.

Об'єкт і методи дослідження. У статті наводиться радіаційно-гігієнічний аналіз рентгенологічних методів дослідження населення Запорізької області за 2016-2020 роки. Зокрема, проаналізовано в динаміці структура та частота рентгенологічних досліджень, а також індивідуальні та колективні дози опромінення населення. Розраховані ризики опромінення населення від медичних досліджень.

При проведенні роботи використовувались аналітичні, статистичні та розрахункові методи дослідження. При розрахунку ефективних доз опромінення пацієнтів були використані результати досліджень фахівців ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України» [5]. Статистичні дані з кількості досліджень отримані з річних звітів лікувальних закладів області, форма № 20.

Колективна ефективна доза S_i за кожним видом рентгенологічного дослідження розраховувалась за формулою [6]:

$$S_i = \sum E_i \cdot N_i,$$

де E_i – середня ефективна доза від i -го виду рентгенівського дослідження; N_i – кількість рентгенівських досліджень i -го виду досліджень.

Таблиця 1 – Структура та частота рентгенологічних досліджень населення в Запорізькій області

| Роки | Структура (%) | | | | | | | Частота досліджень на 1 людину | | | | | | | |
|------|----------------|--------------|-------------|------------------------|-------------|----------------|-------------|--------------------------------|----------------|--------------|-------------|------------------------|-------------|----------------|-------------|
| | Рентгенографія | Флюорографія | Дентографія | Комп'ютерна томографія | Маммографія | Рентгеноскопія | Ангіографія | Усього | Рентгенографія | Флюорографія | Дентографія | Комп'ютерна томографія | Маммографія | Рентгеноскопія | Ангіографія |
| 2016 | 49,22 | 33,02 | 11,04 | 1,27 | 2,80 | 2,44 | 0,21 | 1,29 | 0,63 | 0,43 | 0,142 | 0,016 | 0,036 | 0,031 | 0,003 |
| 2017 | 51,19 | 28,62 | 12,23 | 1,32 | 4,29 | 2,26 | 0,10 | 1,40 | 0,72 | 0,40 | 0,171 | 0,018 | 0,060 | 0,032 | 0,001 |
| 2018 | 46,34 | 27,12 | 17,77 | 1,42 | 5,48 | 1,77 | 0,09 | 1,52 | 0,71 | 0,41 | 0,271 | 0,022 | 0,084 | 0,027 | 0,001 |
| 2019 | 52,36 | 25,96 | 14,87 | 1,60 | 2,99 | 2,05 | 0,16 | 1,35 | 0,70 | 0,35 | 0,200 | 0,022 | 0,040 | 0,028 | 0,002 |
| 2020 | 55,59 | 24,03 | 12,59 | 2,91 | 2,72 | 1,96 | 0,20 | 1,08 | 0,60 | 0,26 | 0,136 | 0,031 | 0,029 | 0,021 | 0,002 |

У подальшому були вираховані середні значення доз за групами досліджень.

Оцінка радіаційних ризиків стохастичних ефектів (R_E) здійснювалась за формулою:

$$R_E = S_E \cdot r_E$$

де S_E – колективна ефективна доза, Зв; r_E – коефіцієнт ризику радіаційного ефекту (онкологічні та генетичні захворювання), Зв⁻¹.

Результати дослідження та їх обговорення. За порядком зменшення дози опромінення пацієнта за одне дослідження рентгенологічні процедури розподіляються наступним чином: ангіографія, комп'ютерна томографія, рентгеноскопія, маммографія, флюорографія, рентгенографія, дентографія [7]. Певну характеристику променевого навантаження на пацієнта дає інформація про структуру і частоту рентгенологічних досліджень різного виду (табл. 1).

Аналізуючи структуру рентгенологічних досліджень можна констатувати, що відсоток великодозової комп'ютерної томографії за п'ять років збільшився з 1,27 у 2016 році до 2,91 у 2020 році. Збільшився також відсоток рентгенографії з 49,22 у 2016 році до 55,59 у 2020 році.

У той же час зменшився відсоток великодозової рентгеноскопії з 2,44 у 2016 році до 1,96 у 2020 році. Така ж тенденція спостерігається з великодозовою флюорографією: зменшення з 33,02 у 2016 році до 24,03 у 2020 році.

Характеризуючи частоту досліджень слід відзначити, що сумарна частота рентгенологічних досліджень на одну людину за 5 років знизилась з 1,29 у 2016 році до 1,08 у 2020 році. При цьому найбільше за рахунок високодозних досліджень – рентгеноскопії з

0,031 у 2016 році до 0,021 у 2020 році і флюорографії – з 0,43 у 2016 році до 0,26 у 2020 році. Зниження сумарної частоти процедур можна пояснити епідемією COVID-19, під час якої був тривалий мораторій на госпіталізацію та обмеження надання другого рівня медичної допомоги населенню. Для діагностування пневмонії спричиненої вірусом COVID-19 МОЗ рекомендувало проведення комп'ютерної томографії, що збільшило частоту комп'ютерних томографій майже у два рази – з 0,016 у 2016 році до 0,031 у 2020 році. Тим не менш за цей час дози опромінення пацієнтів знизились (табл. 2).

Виходячи з вищесказаного, колективна ефективна доза населення Запорізької області, за рахунок рентгенологічних досліджень зменшилась з 2754,6 люд.-Зв у 2016 році до 2180,3 люд.-Зв в 2020 році. Основний внесок у цю дозу дала рентгенографія і флюорографія.

Так індивідуальна сумарна ефективна доза за рахунок медичного опромінення знизилась з 1,58 мЗв у 2016 році до 1,31 мЗв у 2020 році. При цьому найбільше доза знизилась за рахунок рентгенографії з 0,75 мЗв у 2016 році до 0,57 мЗв у 2020 році, флюорографії з 0,45 мЗв у 2016 році до 0,29 мЗв у 2020 році та рентгеноскопії з 0,208 мЗв у 2016 році до 0,121 мЗв у 2020 році.

У той же час збільшилась доза опромінення пацієнтів від найбільш великодозних досліджень: комп'ютерної томографії з 0,19 мЗв у 2016 році до 0,28 мЗв у 2020 році та ангіографії від 0,017 мЗв у 2016 році до 0,026 мЗв у 2020 році.

Розрахунковий ризик негативних наслідків для населення Запорізької області внаслідок медичного опромінення (тобто кількість онкологічних і генетичних захворювань) за 5 років знизився з 157,0 випадків у 2016 році до 124,3 випадків у 2020 році.

Висновки.

Сумарна частота рентгенологічних досліджень за 5 років знизилась з 1,29 у 2016 році до 1,08 у 2020 році. Найбільшу частоту рентгенологічних досліджень на одну людину складають рентгенографія (0,60-0,72) і флюорографія (0,26-0,43).

Колективна ефективна доза населення Запорізької області

Таблиця 2 – Дози опромінення населення Запорізької області та ризик негативних наслідків за рахунок рентгенологічних досліджень

| Роки | Індивідуальна ефективна доза, (мЗв) | | | | | | | | Колективна ефективна доза, люд.-Зв | Ризик (к-ть випадків) |
|------|-------------------------------------|----------------|--------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------|
| | Рентгеноскопія | Рентгенографія | Флюорографія | Комп'ютерна томографія | Ангіографія | Дентографія | Маммографія | Усього E_{Σ} | | |
| 2016 | 0,208 | 0,75 | 0,45 | 0,19 | 0,017 | 0,005 | 0,033 | 1,58 | 2754,622 | 157,0 |
| 2017 | 0,219 | 0,77 | 0,44 | 0,16 | 0,016 | 0,003 | 0,024 | 1,63 | 2816,940 | 160,6 |
| 2018 | 0,208 | 0,75 | 0,45 | 0,19 | 0,017 | 0,005 | 0,033 | 1,66 | 2851,558 | 162,5 |
| 2019 | 0,185 | 0,73 | 0,38 | 0,20 | 0,026 | 0,004 | 0,016 | 1,55 | 2624,049 | 149,6 |
| 2020 | 0,121 | 0,57 | 0,29 | 0,28 | 0,026 | 0,003 | 0,015 | 1,31 | 2180,352 | 124,3 |

за рахунок рентгенологічних досліджень знизилась з 2754,6 люд.-Зв у 2016 році до 2180,3 люд.-Зв у 2020 році, що відповідає загальноукраїнським тенденціям.

Розрахунковий ризик негативних наслідків для населення Запорізької області (тобто кількість можливих онкологічних та генетичних захворювань) від рентгенологічних досліджень знизився з 157,0 випадків у 2016 році до 124,3 випадків у 2020 році.

Перспективи подальших досліджень. Моніторинг радіаційного захисту пацієнтів, обґрунтування та оптимізація необхідності проведення рентгенологічних процедур в медицині є досить актуальним, в подальшому, планується розробити та впровадити в практику методичне керівництво з питань контролю та обліку індивідуальних доз опромінення пацієнтів при медичному опроміненні.

Література

1. Mezhdunarodnaya Komissiya po Radiatsionnoy zashchite. Rekomendatsii 2007 goda Mezhdunarodnoy Komissii po Radiatsionnoy zashchite. Publikatsiya 103 MKRZ. Moskva. 2009. 343 s.
2. Nauchnyy Komitet OON po deystviyu atomnoy radiatsii. Doklad Nauchnogo Komiteta OON po deystviyu atomnoy radiatsii za 2000 god (Dopolneniye № 46). N'yu-York. 2000. 649 s.
3. NCRP. Ionizing Radiation Exposure of The Population of The United States. NCRP Report №160/ National Council of Radiation Protection and Measurements. Bethesda (MD, USA). 2009. 387 p.
4. Serdyuk AM, Los' IP. Problemy s'ohodennya ta shlyakhy yikh podolannya. Hihiyenichna nauka ta praktyka na rubizhi stolit'. Mat. XIV z'yizdu hihiyenistiv Ukrainy. Dnypropetrovs'k. 2004. s. 303-305. [in Ukrainian].
5. Stadnyk LL, Nosyk OV. Vyznachennya kolektyvnykh efektyvnykh ta ekvivalentnykh doz i radiatsiynykh ryzykiv naselennya Ukrainy za rakhunok renthenodiahnostychnykh doslidzhen'. Dovkillya ta zdorov'ya. 2019;4:4-12. [in Ukrainian].
6. Bly R, Jahnen A, Jrvinen H, Olerud H, Vasileva J, Vogiatzi S. Collective effective dose in Europe from X-ray and nuclear medicine procedures. Radiat. Prot. Dosimetry. 2015;165(1-4):129-133.
7. Kostenetskiy MI, Myagkov AN. Kriterii vybora lucheвого metoda issledovaniya pri razlichnykh klinicheskikh problemakh. Prakticheskoye posobiye dlya vrachev. Zaporozh'ye; 2003. 103 s.

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНО-ІНДУКОВАНОЇ ШКОДИ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА РАХУНОК МЕДИЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ Севальнев А. І., Куцак А. В., Костенецький М. І., Лемешко Л. Т.

Резюме. Стаття присвячена оцінці стану дозового навантаження населення від медичного опромінення та розрахунку шкоди від радіаційного впливу. Це питання відзначається особливою актуальністю і має достатньо високий як науковий, так і практичний інтерес.

Мета дослідження. З метою оцінки стану променевого навантаження населення Запорізької області нами було проведено радіаційно-гігієнічний аналіз рентгенологічних методів дослідження населення Запорізької області за 2016-2020 роки. Зокрема, проаналізовано в динаміці структура та частота рентгенологічних досліджень, а також індивідуальні та колективні дози опромінення населення. за рахунок медичного опромінення і розрахунок шкоди від радіаційного впливу.

Об'єкт та методи дослідження. Об'єктом дослідження було населення Запорізької області. При проведенні роботи використовувались аналітичні, статистичні та розрахункові методи дослідження. При розрахунку ефективних доз опромінення пацієнтів були використані результати досліджень фахівців ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України». Статистичні дані з кількості досліджень отримані з річних звітів лікувальних закладів області, форма № 20.

Результати дослідження та їх обговорення. Визначено, що сумарна частота рентгенологічних досліджень за 5 років знизилась з 1,29 у 2016 році до 1,08 у 2020 році. Найбільшу частоту рентгенологічних досліджень на одну людину складають рентгенографія (0,60-0,72) і флюорографія (0,26-0,43). Встановлено, що колективна ефективна доза населення Запорізької області за рахунок рентгенологічних досліджень знизилась з 2754,6 люд.-Зв у 2016 році до 2180,3 люд.-Зв у 2020 році, що відповідає загальноукраїнським тенденціям. Розрахунковий ризик негативних наслідків для населення Запорізької області (тобто кількість можливих онкологічних та генетичних захворювань) від рентгенологічних досліджень знизився з 157,0 випадків у 2016 році до 124,3 випадків у 2020 році.

Ключові слова: медичне опромінення населення, рентгенодіагностичні процедури, радіаційно-індукований ризик.

ASSESSMENT OF RADIATION-INDUCED DAMAGE TO THE POPULATION ZAPORIZHZHA REGION AT THE EXPENSE OF MEDICAL EXPOSURE

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

Abstract. The article is devoted to the assessment of the dose of the population from medical exposure and the calculation of damage from radiation exposure. This issue is particularly relevant and has a fairly high scientific and practical interest.

The aim of the study. In order to assess the state of radiation exposure of the population of Zaporozhye region, we conducted a radiation and hygienic analysis of radiological methods of research of the population of Zaporozhye region for 2016-2020.

The object and methods of research. The object of research was the population of Zaporozhye region. Analytical, statistical and computational research methods were used in the work. The collective effective dose for each type of radiological examination was calculated according to the instructions Radiat. Prot. Dosimetry. 2015. Subsequently, the average values of doses by study groups were calculated. When calculating the effective radiation doses of patients, the results of research by specialists of the Institute of Medical Radiology named after S.P. Grigoriev National Academy of Medical Sciences of Ukraine.

Research results and their discussion. It is determined that the total frequency of X-ray examinations for 5 years decreased from 1.29 in 2016 to 1.08 in 2020. The highest frequency of radiological examinations per person is radiography (0.60-0.72) and fluorography (0.26-0.43). It is established that the collective effective dose of the population of Zaporizhia region due to X-ray examinations decreased from 2754.6 man-stars in 2016 to 2180.3 man-stars in 2020, which corresponds to the all-Ukrainian trends. The estimated risk of negative consequences for the population of Zaporizhia region (namely the number of possible oncological and genetic diseases) from X-ray examinations decreased from 157.0 cases in 2016 to 124.3 cases in 2020.

Key words: medical exposure of the population, X-ray diagnostic procedures, radiation-induced risk.

ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Sevalnev A. I.: 0000-0002-2559-5501 ^{ABDF}

Kutsak A. V.: 0000-0002-5697-4045 ^{ABD}

Kostenetsky M. I.: – ^{ABCD}

Lemeshko L.T.: – ^{ABD}

Конфлікт інтересів:

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Адреса для кореспонденції

Куцак Алла Валеріївна

Запорізький державний медичний університет

Адреса: Україна, 69035, м. Запоріжжя, пр. Маяковського 26

Тел.: 380671557397

E-mail: alla758@ukr.net

A – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Стаття надійшла 10.03.2022 року
Стаття прийнята до друку 06.08.2022 року