

УДК 617.375-002: 616-053.13/.8: 616-001.28

П. А. Федірко<sup>1</sup>✉, Т. Ф. Бабенко<sup>1</sup>, Р. Ю. Дорічевська<sup>1</sup>, Н. А. Гарькава<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державна установа “Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України”, вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна

<sup>2</sup>Державний заклад “Дніпропетровська медична академія Міністерства охорони здоров’я України”, вул. Дзержинського, 9, м. Дніпропетровськ, 49044, Україна

## РИЗИК РОЗВИТКУ СУДИННОЇ ПАТОЛОГІЇ СІТКІВКИ У ОПРОМІНЕНИХ У РІЗНОМУ ВІЦІ ОСІБ ВНАСЛІДОК АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

**Мета:** Оцінити взаємозв’язок між віком, в якому людина зазнає радіаційного впливу, і ризиком розвитку патологічних змін ока (на прикладі поширеності ангіопатії сітківки).

**Матеріали і методи.** Об’єктом дослідження був стан судин сітківки 2531 особи (1948 евакуйованих з м. Прип’яті у віці до 20 років і 583 опроміненних внутрішньоутробно внаслідок Чорнобильської катастрофи). Використано результати стандартизованих офтальмологічних обстежень, проведених з 1993 р. по 2000 р. в межах програми клініко-епідеміологічного реєстру. Серед евакуйованих виділено різні вікові групи опроміненних. З масиву контрольної групи сформовано відповідні за віком групи неопроміненого контролю. Статистичну обробку результатів дослідження проведено з використанням пробної вільної версії пакету програм “Open Epi 2.2.1”.

**Результати.** В усіх групах виявлено значну поширеність патології судин сітківки. Різниця в поширеності ангіопатії для опроміненних *in utero* в порівнянні з віковим контролем була достовірною. Достовірно вищою була поширеність судинної патології сітківки і в усіх групах евакуйованих. Поширеність ангіопатії була вищою в групі опроміненних *in utero* і у віці 8–12 років, а в групі осіб, опроміненних у віці 4–7 років, ризик наявності ангіопатії був нижчим.

**Висновки.** Показано, що поява віддалених радіаційних ефектів залежить, за інших приблизно рівних умов, від віку, в якому людина зазнала опромінення. За участі в роботах в умовах професійного радіаційного впливу осіб, які внаслідок Чорнобильської катастрофи були опромінені внутрішньоутробно або у віці від 8 до 20 років, необхідно вжити додаткових профілактичних заходів.

**Ключові слова:** іонізуюче випромінювання, особи, опромінені внутрішньоутробно та в дитячому і юнацькому віці, аварія на ЧАЕС, ангіопатія сітківки.

*Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2015. Вип. 20. С. 467–473.*

✉ Федірко Павло Андрійович, e-mail: eye-rad@ukr.net

P. A. Fedirko<sup>1</sup>✉, T. F. Babenko<sup>1</sup>, R. Yu. Dorichevska<sup>1</sup>, N. A. Garkava<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Institution “National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Melnykov str. 53, Kyiv, 04050, Ukraine

<sup>2</sup>State Institution “Dnipropetrovsk Medical Academy” of Health Ministry of Ukraine, Dzerzhynskoho str., 9, Dnipropetrovsk, 49044, Ukraine

## Retinal vascular pathology risk development in the irradiated at different ages as a result of Chernobyl NPP accident

**Objective.** To assess the relationship between the age at which a person undergoes radiation exposure and risk of developing eye lesions (case study of the retinal angiopathy prevalence).

**Materials and methods.** The object of the study was the state of the retinal vessels in 2,531 persons (1,948 evacuated from the city of Prip'yat under the age of 20 and 583 exposed to radiation in utero as a result of the Chernobyl NPP disaster). The results of standardized ophthalmic examination conducted from 1993 to 2000 within the framework of Clinical and epidemiological registry are used for the analysis. The evacuees were subdivided into different age groups of the exposed to radiation. The cohort of control group formed corresponding age groups of the unirradiated control. Statistical analysis of the survey results was carried out using the free trial version of “Open Epi 2.2.1” software package.

**Results.** The results obtained revealed a significant prevalence of retinal vessels pathology in all groups. The difference in angiopathy prevalence in exposed in utero persons was significant compared to age-control. The prevalence of retinal vascular pathology was also significantly higher in all groups of evacuees. Angiopathy prevalence was higher in the group exposed in utero and at the age of 8–12 years, and in the group of people who were exposed at the age of 4–7 years, the risk of angiopathy was lower.

**Conclusion.** It is proved that the occurrence of distant radiation effects mainly depends on the age at which a person has undergone irradiation. It should be noted that all the other conditions were approximately the same. If working conditions of the persons who were exposed in utero or were aged 8 to 20 years when the Chernobyl disaster happened are connected with occupational radiation exposure it is necessary to take additional preventive measures.

**Key words:** ionizing radiation, persons exposed in utero and in childhood and adolescence, the ChNPP accident, retinal angiopathy.

*Problems of radiation medicine and radiobiology. 2015;20:467-473.*

### ВСТУП

Останнім часом збільшилась ймовірність виникнення термінової необхідності в проведенні аварійно-відновлювальних робіт у зв'язку з можливістю терористичних актів на об'єктах ядерної енергетики і промисловості. Для прискорення і зменшення трудомісткості визначення придатності працівників до рятівних робіт важливо вивчити значення факторів, які модифікують реакцію організму на вплив іонізуючого випромінювання. Отримані дані свідчать, що, окрім дози опромінення, на прояв радіаційних ефектів впливають інші фактори, серед яких вельми важливий — вік, у якому людина зазнала впливу радіації [1–4].

Участь у роботах по перетворенню об'єкту “Укриття” ЧАЕС на екологічно безпечну систему беруть працівники різного віку. Логічно передбачити, що визначення найбільш чутливих до опромінення вікових категорій та коригування їх дозових наванта-

### Introduction

Nowadays we are facing the increased likelihood of urgency in carrying out repair works due to the possibility of terrorist attacks on nuclear facilities and industry. To speed up and reduce the complexity of determining the suitability of workers to rescue mission it is important to learn the importance of factors that modify the body's response to the impact of ionizing radiation. The findings show, that in addition to radiation dose, some other factors influence the radiation effects, including a very important one — the age at which a person was exposed to radiation [1–4].

Workers of all ages participate in the work of building the New Safe Confinement of the Chernobyl NPP. It is logical to assume that the determination of the most sensitive to exposure age categories and adjusting their doses can reduce

жень, може зменшити появу радіаційно обумовлених ефектів у віддаленому періоді.

Повідомлення низки авторів свідчать, що в певні вікові періоди спостерігається порівняльне прискорення розвитку радіаційно-індукованих захворювань ока [2, 3]. У пізньому післяаварійному періоді для опромінених внутрішньоутробно осіб достовірно вищим є ризик розвитку судинної патології сітківки, астигматизму, спазму акомодациї, хронічного кон'юнктивіту [1]. При вивченні процесу формування рефракції в опромінених у різному віці дітей визначено залежність рефрактогенезу від віку дитини на момент опромінення [3].

Відомо, що однією з найбільш ранніх патологічних змін, які виявляються в опромінених популяціях, є ангиопатія сітківки. У звичайних умовах поширеність ангиодистонії і ангиопатії в молодому віці є низькою, а надалі збільшується з віком. Досліджено, що опромінення прискорює розвиток ангиопатії і ангиосклерозу сітківки у дорослих [5], а в опромінених у антенатальному періоді ангиопатія сітківки виникає частіше, ніж у групі співставлення [6].

Для проведення дослідження відібрали групи внутрішньоутробно опромінених і евакуйованих із зони відчуження. Такий вибір обумовлений тим, що ці групи зазнали гострого радіаційного впливу протягом відносно нетривалого часу і, попри нерівномірність дозових навантажень, у відносно невеликих дозах [7]. Аналіз отриманих результатів дозволить оптимізувати процес обстеження пацієнтів, які є претендентами на участь у роботах по перетворенню об'єкту "Укриття" на екологічно безпечну систему і визначити напрямки роботи з подальшого вивчення особливостей розвитку патологічних змін в залежності від віку на момент опромінення.

## МЕТА

Оцінити взаємозв'язок між віком, в якому людина зазнає радіаційного впливу, і ризиком розвитку патологічних змін ока (на прикладі поширеності ангиопатії сітківки).

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Об'єктом дослідження був стан судин сітківки 2531 особи, серед яких були 1948 евакуйованих з м. Прип'яті у віці до 20 років і 583 опромінених внутрішньоутробно внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Використано результати стандартизованих офтальмологічних обстежень, проведених з 1993 р. по 2000 р.

the occurrence of the effects caused by radiation in the remote period.

Some authors claim that during certain age periods they observed a comparative acceleration of development of radiation-induced eye diseases [2, 3]. In late post-emergency period the risk of retinal vascular pathology, astigmatism, accommodation spasm, and chronic conjunctivitis for persons exposed in utero is significantly higher [1]. Recent study of the refraction formation process in children exposed to radiation at different ages has shown the dependence of refractogenesis on the child's age at the time of exposure [3].

It is known that one of the earliest pathological changes, found in exposed populations is retinal angiopathy. Under normal conditions, the prevalence of angiodystonia and angiopathy at a young age is low, and further it increases with age. It is found out that irradiation accelerates the development of retinal angiopathy and angiosclerosis in adults [5] and in those who were irradiated in the antenatal period retinal angiopathy occurs more frequently than in the comparison group [6].

For the study we selected groups of the exposed in utero and evacuated from the exclusion zone. This choice is determined by the fact that these groups have suffered acute radiation exposure over a relatively short time. And although the doses were uneven, they were relatively small [7]. Analysis of the obtained results will help to optimize the examination of the patients who are candidates for work connected with transformation of the "Shelter" into an ecologically safe system. It will also make possible to identify the areas of further study of the characteristics of pathological changes depending on the age at the time of exposure.

## OBJECTIVE

To assess the relationship between the age at which a person undergoes radiation exposure and risk of developing eye lesions (case study of the retinal angiopathy prevalence).

## MATERIALS AND METHODS

The object of the study was the state of the retinal vessels in 2,531 persons. 1,948 of them were evacuated from the city of Prip'yat under the age of 20 and 583 were exposed to radiation in utero as a result of the Chernobyl NPP disaster.

The results of standardized ophthalmic examination conducted from 1993 to 2000 within the

в межах програми клініко-епідеміологічного реєстру. Результати, накопичені в базі даних, піддані знеособленому аналізу.

Серед евакуйованих виділено групи опромієних:

- у 4–7 років (1-а група) – 590 осіб;
- у 8–12 років (2-а група) – 768 осіб;
- у 13–16 років (3-я група) – 382 особи;
- у 17–20 років (4-а група) – 208 осіб.

Групи порівнювались між собою і з контрольною групою, обстеженою за такою ж стандартною офтальмологічною програмою (1200 осіб). Оскільки ангіопатія сітківки – залежне від віку захворювання, важливе значення мало досягнення порівнюваності груп між собою за віком на момент обстеження.

Опромінені 1-ї групи оглянуті у віці 15–21 рік, середній вік на момент обстеження –  $18,7 \pm 1,08$  років; 2-а група оглянута у віці 20–29 років, середній вік на момент обстеження –  $24,24 \pm 2,17$  років; 3-я група оглянута у віці 15–26 років, середній вік на момент обстеження –  $20,0 \pm 2,18$  років; 4-а група оглянута у віці 24–33 роки, середній вік на момент обстеження –  $27,91 \pm 1,82$  роки.

З масиву контрольної групи були виділені відповідні за віком групи неопроміненого контролю – мешканці міст Києва і Дніпропетровська, обстежені у віці відповідно 1-й групі – у віці 15–21 рік (49 осіб, середній вік на момент обстеження –  $17,15 \pm 1,99$  років), відповідно 2-й групі – у віці 15–26 років (80 осіб, середній вік на момент обстеження –  $19,01 \pm 6,35$  років), відповідно 3-й групі – у віці 20–29 років (133 особи, середній вік на момент обстеження –  $25,77 \pm 2,2$  років), відповідно 4-й групі – у віці 24–33 роки (283 особи, середній вік на момент обстеження –  $29,06 \pm 8,5$  років). Різниця у віці основних і контрольної груп не достовірна ( $p < 0,05$ ).

З 583 осіб, опромінених внутрішньоутробно внаслідок Чорнобильської катастрофи, відібрано 67 осіб, оглянутих у віці 14–17,9 років, середній вік  $15,4 \pm 0,82$  роки, контрольна група до них сформована з 114 оглянутих у тому ж віці неопромієних осіб, середній вік –  $15,61 \pm 1,19$  років (різниця у віці основної і контрольної груп недостовірна,  $p < 0,05$ ).

Статистичну обробку результатів дослідження проводили з використанням пробної вільної версії пакету програм “Open Epi 2.2.1”.

framework of Clinical and epidemiological registry are used for the analysis. The results collected in a database underwent an impersonal analysis.

The evacuees were subdivided into groups exposed to radiation when their members were:

- 4–7 years old (Group 1) – 590 persons;
- 8–12 years old (Group 2) – 768 persons;
- 13–16 years old (Group 3) – 382 persons;
- 17–20 years old (Group 4) – 208 persons.

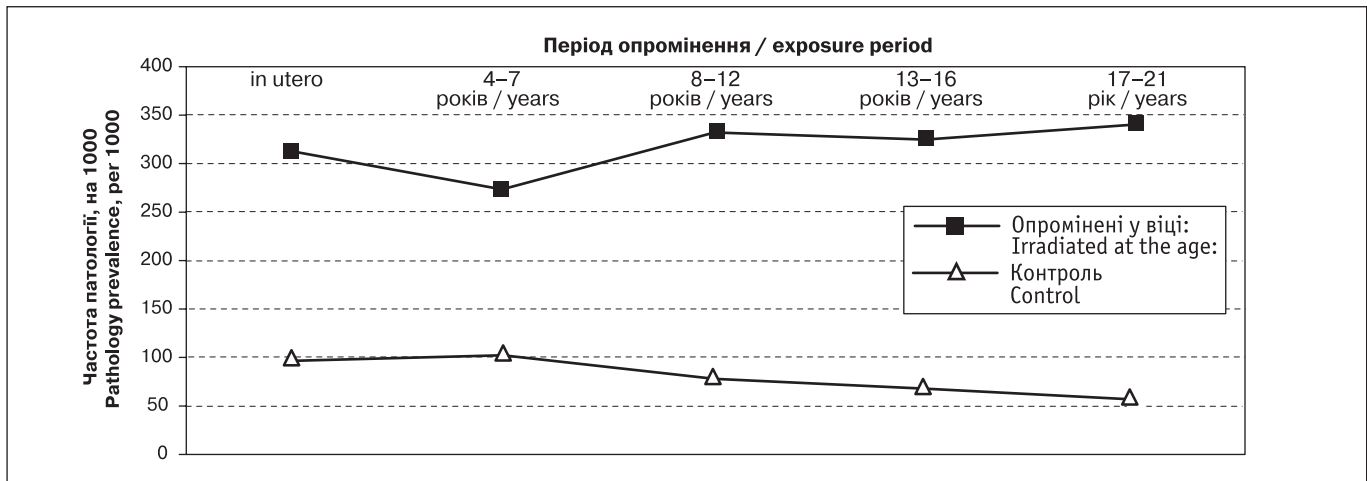
The groups were compared with each other and with the control group examined according to the same standard ophthalmologic program (1200). As retinal angiopathy is an age – dependent disease it was extremely important to achieve comparability between groups based on the age when the survey was conducted.

The radiation-exposed of the Group 1 were examined at the age of 15–21, the average age at the time of the survey –  $18.7 \pm 1.08$ ; Group 2 was examined at the age of 20–29, the average age at the time of the survey –  $24.24 \pm 2.17$ ; Group 3 patients were examined at the age of 15–26, the average age at the time of the survey –  $20.0 \pm 2.18$ ; Group 4 was examined at the age of 24–33, the average age at the time of the survey –  $27.91 \pm 1.82$ .

The control group was subdivided into the corresponding age groups of unirradiated control – the inhabitants of the cities of Kyiv and Dnipropetrovsk who were examined at the same age as Group 1 – 15–21 years old ( $n = 49$ , average age at the time of the survey –  $17.15 \pm 1.99$  years), corresponding Group 2 – aged 15–26 years ( $n = 80$ , average age at the time of the survey –  $19.01 \pm 6.35$ ), corresponding Group 3 – aged 20–29 ( $n = 133$ , average age at examination –  $25.77 \pm 2.2$ ), corresponding Group 4 – aged 24–33 years ( $n = 283$ , average age at the time of the survey –  $29.06 \pm 8.5$ ). The age difference in basic and control groups is not significant ( $p < 0.05$ ).

Out of 583 people exposed to radiation in utero after the Chernobyl disaster there were selected 67 individuals. They were examined at the age of 14–17.9, average age –  $15.4 \pm 0.82$  years. 114 unirradiated persons formed the corresponding control group that was examined at the same age, average age  $15.61 \pm 1.19$  years (the age difference in basic and control groups is not significant,  $p < 0.05$ ).

Statistical analysis of the survey results was carried out using the free trial version of “Open Epi 2.2.1” software package.



**Рисунок 1.** Поширеність судинної патології сітківки. В опромінених групах – підвищений ризик в групі опромінених in utero та у віці після 8 років

**Figure 1.** The prevalence of retinal vascular pathology. In the irradiated groups – increased risk in the groups exposed in utero and at the age of 8+

## РЕЗУЛЬТАТИ

В усіх групах виявлено значну поширеність патології судин сітківки. Патологічні прояви були, головним чином, функціональними і полягали у зміні калібру артерій і вен, їх ходу і судинного рефлексу.

Частота ангіопатій сітківки у опромінених in utero при огляді у віці 14–17,9 років досягла  $313,43 \pm 56,67$  на 1000 осіб. У евакуйованих із зони відчуження ЧАЕС поширеність ангіопатій у віддаленому періоді в групі опромінених у 4–7 років становила  $274,58 \pm 18,37$  на 1000 осіб, у групі опромінених у 8–12 років –  $330,73 \pm 16,98$ , у групі опромінених у 12–16 років –  $324,61 \pm 23,96$  і в групі опромінених у 17–20 років –  $341,32 \pm 32,88$  (рис. 1). Контрольні значення поширеності ангіопатії знаходились у межах 56–102 на 1000 осіб, різниця між різними віковими групами контролю була невірною.

Дані, наведені на рис. 1, свідчать про нерівномірну поширеність ангіопатії в обстежених групах опромінених осіб. Різниця в поширеності ангіопатії для опромінених in utero в порівнянні з віковим контролем була достовірною,  $\chi^2 = 13,65$ ;  $p = 0,00001$ . Відносний ризик її наявності становив 3,248, його довірчий інтервал становив 1,67; 6,31. Достовірно вищою була поширеність судинної патології сітківки і в усіх групах евакуйованих (дані представлені в табл. 1). При цьому найменший рівень відносного ризику порівняно з віковим контролем спостерігався в групі опромінених у віці 4–7 років (рис. 2).

Поширеність ангіопатії сітківки в групі, яка зазнала опромінення у віці 8–12 років, виявилась досто-

## RESULTS

A significant prevalence of retinal vessels pathology was diagnosed in all groups. Pathological manifestations were mainly functional and lay in changing the caliber of arteries and veins, their course and vascular reflex.

The incidence of retinal angiopathy in the exposed in utero examined at the age of 14–17.9 amounted to  $313.43 \pm 56.67$  per 1,000 people. In the evacuated from the Chernobyl exclusion zone angiopathy prevalence in the remote period in the group exposed to radiation at the age of 4–7 was  $274.58 \pm 18.37$  per 1,000 persons, in the group exposed at the age 8–12 –  $330.73 \pm 16.98$ , in the group of 12–16 –  $324.61 \pm 23.96$ , and in the group irradiated at 17–20 –  $341.32 \pm 32.88$  (Fig. 1). Control angiopathy prevalence values were within 56–102 per 1000 persons, the difference between the distinct age groups of control was not significant.

The data presented in Fig. 1 show uneven angiopathy prevalence in the examined groups of exposed people. The difference in angiopathy prevalence for exposed in utero compared with age-control was significant,  $\chi^2 = 13.65$ ;  $p = 0.00001$ . The relative risk of its prevalence worked out at 3.248, its confidence interval was 1.67; 6.31. Significantly higher the prevalence of retina vascular pathology was in all groups of the evacuated (data presented in Table 1). The lowest relative risk in comparison with age-control was observed in the group of the exposed at the age of 4–7 (Fig. 2).

The prevalence of retinal angiopathy in the group that suffered exposure at the age of 8–12 was

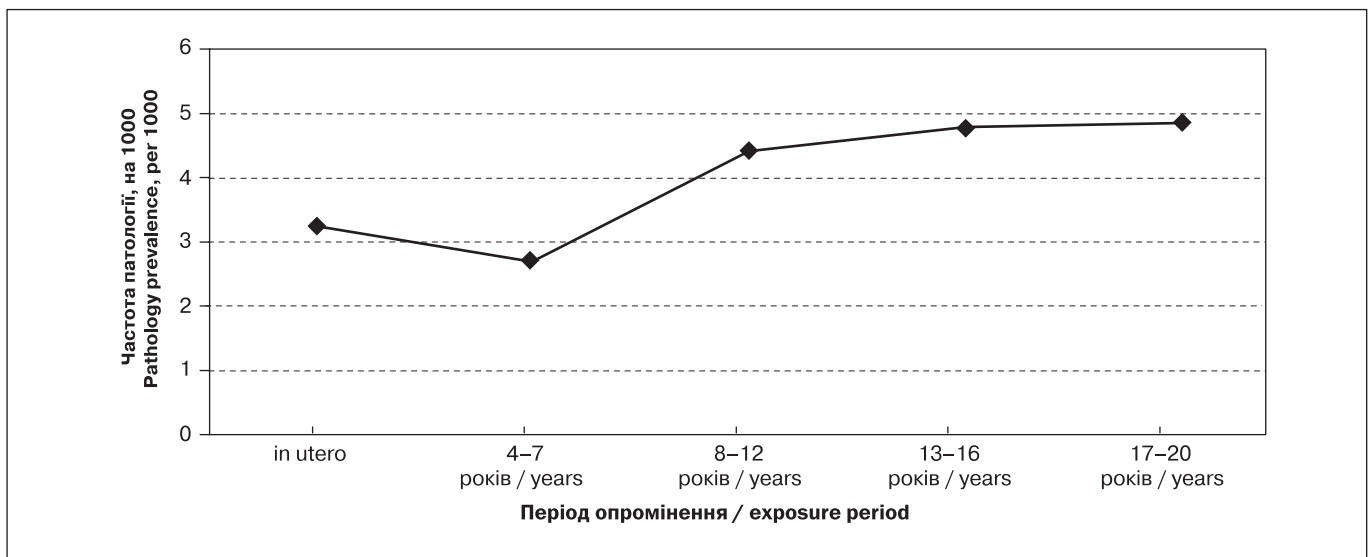
**Таблиця 1**

**Відносні ризики появи ангіопатії сітківки для внутрішньоутробно опромінених і евакуйованих у дитячому та юнацькому віці із зони відчуження**

**Table 1**

**The relative risk of retinal angiopathy prevalence in the exposed in utero and evacuated from the exclusion zone in childhood and adolescence**

Групи опромінених	Відносний ризик	Довірчий інтервал	$\chi^2$ ; p
Groups of irradiated	Relative risk	Confidence interval	
Опромінені in utero Exposed in utero	3,25	1,67; 6,31	13,65; 0,0001
Евакуйовані із зони відчуження у віці 4–7 років Evacuated from the exclusion zone at the age of 4–7	2,69	1,16; 6,24	6,977; 0,004
Евакуйовані із зони відчуження у віці 8–12 років Evacuated from the exclusion zone at the age 8–12	4,41	2,03; 9,58	22,29; 0,000001
Евакуйовані із зони відчуження у віці 13–16 років Evacuated from the exclusion zone at the age 13–16	4,79	2,51; 9,16	34,0; < 0,0000001
Евакуйовані із зони відчуження у віці 17–20 років Evacuated from the exclusion zone at the age 17–20	4,85	2,87; 8,19	44,81; < 0,0000001



**Рисунок 2. Відносний ризик поширеності судинної патології сітківки в порівнянні з віковим контролем для груп опромінених у різному віці**

**Figure 2. The relative risk of prevalence of retinal vascular pathology compared with age-control groups of the exposed to radiation at different ages**

вірно вищою порівняно з опроміненими у віці 4–7 років ( $\chi^2 = 2,8$ ;  $p = 0,047$ ).

Таким чином, поширеність ангіопатії, всупереч звичним нормам, була вищою в групі опромінених in utero і у віці 8–12 років, а в групі осіб, опромінених у віці 4–7 років, ризик наявності ангіопатії був нижчим. У старших групах спостерігається процес збільшення частоти судинної патології зі зростанням календарного віку – процес, який може прискорюватись внаслідок радіаційного впливу [5].

significantly higher compared with the irradiated in aged 4–7 years ( $\chi^2 = 2.8$ ;  $p = 0.047$ ).

Thus, the angiopathy prevalence, contrary to the usual standards, was higher in the group exposed in utero and at the age of 8–12, but in the the group of people who were 4–7 years old in the period of exposure the risk of angiopathy was lower. In the older groups there is a process of increasing vascular pathology incidence rate alongside the increase in chronological age – a process that may accelerate due to radiation exposure [5].

## ВИСНОВКИ

Показано, що поява віддалених радіаційних ефектів залежить, за інших приблизно рівних умов, від віку, в якому людина зазнала опромінення. Таким чином, наслідки для опромінених внутрішньоутробно та у віці понад 8 років будуть гіршими, ніж для опромінених у віці 4–7 років.

При доборі персоналу для проведення робіт в умовах контакту зі джерелами іонізуючої радіації бажано уникати залучення осіб, які свого часу були опромінені антенатально внаслідок Чорнобильської катастрофи. За участі в роботах в умовах професійного радіаційного впливу осіб, які внаслідок Чорнобильської катастрофи були опромінені внутрішньоутробно або в віці від 8 до 20 років, необхідно вжити додаткових профілактичних заходів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабенко Т. Ф. Клинические особенности болезней глаза у облученных внутриутробно вследствие Чернобыльской катастрофы / Т. Ф. Бабенко, П. А. Федірко // Офтальмология. Восточная Европа. – 2013. – № 2. – С. 67–71.
2. Бузунов В. О. Патологія судин сітківки у евакуйованих із зони відчуження ЧАЕС у дитячому віці / В. О. Бузунов, К. Є. Прикащикова, П. А. Федірко // Педіатрія, акушерство та гінекологія. – 2000. – № 3. – С. 19–21.
3. Сердюченко В. И. Функциональное состояние органа зрения у детей из радиоактивно загрязненного района и его взаимосвязь с общим состоянием организма, возрастом и экологической характеристикой зоны обитания / В. И. Сердюченко, Е. И. Ностопырева // Международный журн. радиационной медицины. – 2001. – Т. 3, № 1–2. – С. 286–287.
4. Babenko T. Relative risks of eye diseases of prenatally irradiated children in different age groups / T. Babenko, P. Fedirko // The Effects of low doses and very low doses of ionizing radiation on human health and biotopes : abstracts 10th International LOWRAD Conference. – Kyiv, 2011. – P. 20.
5. Федірко П. А. Первинна захворюваність на ангіопатію сітківки учасників ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи / П. А. Федірко, Н. А. Гарькава, І. П. Кринична // Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології. – 2009. – Вип. 9 (96). – С. 490–494.
6. Федірко П. А. Ризик розвитку хвороб ока в когорті радіаційно опромінених внутрішньоутробно осіб / П. А. Федірко, Т. Ф. Бабенко // Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології. – 2013. – Вип. 1. – С. 22–29.
7. Репин В. С. Об эффективности мер по аварийной радиационной защите населения ближних зон Чернобыльской АЭС / В. С. Репин, В. С. Чумак // Проблемы радиационной медицины : Респ. межвед. сборн. – К., 1992. – Вип. 4. – С. 88–94.

## CONCLUSIONS

It is testified that the occurrence of distant radiation effects depends on the age at which a person is exposed to radiation, while all the other factors are practically the same. Thus, the consequences for the exposed in utero and at the age of 8+ will be worse than for those who were irradiated aged 4–7 years.

In the selection of personnel for work in the conditions of contact with sources of ionizing radiation they should avoid recruiting individuals who were once antenatally irradiated as a result of the Chernobyl disaster. If persons irradiated in utero or at the of 8–20 as a result of the Chernobyl disaster participate in work connected with occupational radiation exposure, it is necessary to take additional preventive measures.

## REFERENCES

1. Babenko TF, Fedirko PA. [Clinical characteristics of eye diseases in the exposed prenatally as a result the Chernobyl disaster]. Ophthalmology. Eastern Europe. 2013;(2):67-71. Russian.
2. Buzunov VO, Prykashchykova KYe, Fedirko PA. [The pathology of retinal vessels in the evacuees from the Chernobyl exclusion zone in childhood]. Pediatrics, Obstetrics and Gynecology. 2000;(3):19-21. Ukrainian.
3. Serdiuchenko VI, Nostopyrieva Yel. [The functional state of the organ of vision in children from radioactively contaminated area and its relationship with the general condition of the body, age and ecological characteristics of habitats]. International Journal of Radiation. 2001;3(1-2):286-7.
4. Babenko T, Fedirko P. [Relative risks of eye diseases of prenatally irradiated children in different age groups]. In: The effects of low doses and very low doses of ionizing radiation on human health and biotopes. Abstracts 10th International LOWRAD Conference. Kyiv; 2011. p. 20.
5. Fedirko PA, Garkava NA, Krynychna IP. [Primary retinal angiopathy incidence in liquidators of the Chernobyl disaster]. Problems of ecological and medical genetics and clinical immunology. 2009;9(96):490-4. Ukrainian.
6. Fedirko PA, Babenko TF. [The risk of eye diseases in a cohort of people exposed to radiation in utero]. Problems of ecological and medical genetics and clinical immunology. 2013;(1):22-9. Ukrainian.
3. Repin VS, Chumak VS. [About the effectiveness of emergency measures to protect the population near the radiation zone of the Chernobyl nuclear power plant]. Problems of radiation medicine: Rep. Interdepartmental Precast. 1992;4:88-94.