

УДК: 617.741-004.1-031.2:616-001.28

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

<sup>1</sup>Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Іллєнка, 53, м. Київ, 04050, Україна

<sup>2</sup>Державний заклад «Дніпропетровська медична академія Міністерства охорони здоров'я України», вул. Вернадського, 9, Дніпро, 49044, Україна

## КЛІНІЧНІ РІЗНОВИДИ КАТАРАКТИ У ВІДДАЛЕНОМУ ПЕРІОДІ ПІСЛЯ ПЕРЕНЕСЕНОЇ ГОСТРОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ХВОРОБИ

**Мета:** описати клінічні різновиди катаракт, що спостерігаються у віддаленому періоді у реконвалесцентів після перенесеної гострої променевої хвороби (ГПХ).

**Матеріали і методи.** Через двадцять чотири – тридцять три роки після аварійного опромінення проведено повне офтальмологічне обстеження 53 реконвалесцентів ГПХ. Середній вік пацієнтів на момент обстеження –  $(64,6 \pm 1,2)$  років, середня доза опромінення обстежених  $(2,39 \pm 0,17)$  Гр. Офтальмологічне обстеження включало візометрію з корекцією і без, тонометрію, авторефрактокератометрію, біомікроскопію на щілинній лампі, фотографування кришталика в прохідному світлі на фундус-камері. Для оцінки результатів обстеження використані статистичні методи: обчислення середніх значень кількісних показників, оцінка вірогідності різниці за методом Ст'юдента.

**Результати.** 10 пацієнтів (17 очей) з 53 реконвалесцентів ГПХ у віддаленому періоді після опромінення мали артіфакцію після проведеного хірургічного лікування. У всіх інших пацієнтів було виявлено зміни прозорості кришталика, причому у більшості пацієнтів – комбіновані. Радіаційна катаракта з її характерною клінічною картиною була виявлена у 32 осіб, ще в одному випадку зафіксовано її перші ознаки. У 14 реконвалесцентів ГПХ у віддаленому періоді після опромінення характерної клініки радіаційної катаракти не виявлено.

**Висновки.** У 14 реконвалесцентів ГПХ у віддаленому періоді після опромінення не виявлено радіаційної катаракти; дози опромінення цих пацієнтів значно перевищують рівні, які вважають пороговими. Тому відсутність її ознак у віддаленому періоді у осіб, опромінених у дозі понад 2 Гр, може свідчити, що цей відомий радіаційно обумовлений ефект є стохастичним. Подальший аналіз клінічних особливостей патології кришталика в реконвалесцентів ГПХ перспективний для вивчення механізму ушкодження кришталика у цієї категорії постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи.

**Ключові слова:** радіаційна катаракта, інволюційна катаракта, кришталик, гостра променева хвороба, реконвалесценти, іонізуюче випромінювання, доза.

*Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2019. Вип. 24. С. 493–502. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-493-502*

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

P. A. Fedirko<sup>1</sup>✉, T. F. Babenko<sup>1</sup>, O. O. Kolosynska<sup>1</sup>, R. E. Dorichevska<sup>1</sup>, N. A. Garkava<sup>2</sup>, V. O. Sushko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka St., Kyiv, 04050, Ukraine

<sup>2</sup>State Institution «Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of health of Ukraine», 9 Vernadsky St., Dnipro, 49044, Ukraine

## CLINICAL TYPES OF CATARACTS IN A LONG-TERM PERIOD AFTER ACUTE RADIATION SICKNESS

**Objective:** to describe the clinical types of cataracts in the remote period after acute radiation sickness (ARS).

**Materials and methods.** Twenty four – thirty three years after the emergency exposure, a complete ophthalmologic examination of 53 reconvalescents of ARS conducted. The average age of patients at the time of the examination was  $(64.6 \pm 1.2)$  years, the average radiation dose of the examined patients was  $(2.39 \pm 0.17)$  Gy. Ophthalmologic examination included visometry with and without correction, tonometry, autorefractokeratometry, biomicroscopy on a slit lamp, retroillumination photography (infrared and color) of a lens. To evaluate the results of surveys used statistical methods: calculation of average values of quantitative indicators, estimation of probability difference by Student's method.

**Results.** In 10 patients (17 eyes) of the 53 reconvalescents of ARS in the remote period after irradiation artifakia after surgical treatment was recognized. In all other patients, changes in the transparency of the lens were detected, and most patients had combined changes. Radiation cataract with it's characteristic clinical picture was detected in 32 people, and in one more case, it's first signs were recorded. But 14 reconvalescents of ARS in the remote period after irradiation had not radiation cataract.

**Conclusions.** Radiation cataract has not been detected in 14 reconvalescents of ARS in the remote period after irradiation; the radiation doses of these patients significantly exceeds the threshold levels. Therefore, the absence of it's signs in the remote period in individuals exposed to doses above 2 Gy may indicate that this well-known radiation-induced effect is stochastic. Further analysis of the clinical features of the len's pathology in the reconvalescents of ARS is promising for the study of the mechanism of damage to the lens in this category of victims of the Chernobyl accident.

**Key words:** radiation cataract, involutional cataract, lens, acute radiation sickness, reconvalescents, ionizing radiation, dose.

*Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2019;24:493-502. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-493-502*

### ВСТУП

Гостру променеву хворобу (ГПХ), яка вважається найбільш тяжким наслідком впливу іонізуючого випромінювання (ІВ) на організм людини, було діагностовано обмеженій групі осіб, невеликій порівняно з іншими категоріями постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС [1, 2]. Дози опромінення тих, кому було діагностовано гостру променеву хворобу внаслідок Чорнобильської катастрофи, значно перевищують як дози опромінення інших учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, так і мешканців радіаційно забруднених територій [1–5]. Тому вивчення особливостей розвитку патологічних змін у них залишається актуальним.

Хоча в останні роки увага приділяється вивченню патології сітчастої оболонки [6] у радіаційно опромі-

### INTRODUCTION

Acute radiation sickness (ARS), which is considered the most severe consequence of ionizing radiation (IR) influence on the human body, was diagnosed in a limited group of people, small compared to other categories, affected by the Chernobyl accident [1, 2]. Radiation doses of those, who have strongly diagnosed acute radiation sickness as a result of the Chernobyl accident, are significantly higher than the exposure doses of other clean-up workers of the Chernobyl NPP accident and inhabitants of radioactive contaminated areas [1–5]. Therefore, the study of the peculiarities of the development of pathological changes in them remains relevant.

Although recent years attention has been paid to the study of the pathology of the retina [6] in radiation-

✉ Pavlo A. Fedirko, e-mail: eye-rad@ukr.net

нених осіб, вивчення клінічних особливостей катаракти важливе і актуальне для офтальмологічної науки і практики. Відома ще з XIX століття (1896 рік — вперше описана катаракта внаслідок впливу жорсткого рентгенівського випромінювання) радіаційна катаракта (РК) вважалась нестохастичним ефектом іонізуючої радіації. Нещодавно пороговим значенням дози для її розвитку називали 6 Гр, потім — 2 Гр, далі 0,6 Гр [7–8]. Результати офтальмологічних обстежень радіаційно опромінених осіб довели, що специфічна РК виникає після впливу значно нижчих доз ІВ, ніж наведені вище, які, як вважалось раніше, є пороговими [9]. Крім того, доведено, що частота інволютивної катаракти (ІК) в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на ЧАЕС значно перевищує контрольний рівень, чітко простежується зрушення початку розвитку хвороби в бік більш молодих вікових груп. На частоту катаракти цього типу впливають вік обстежених, час перебування під ризиком після впливу ІР та її доза [9, 10].

У віддаленому періоді у пацієнтів, які перенесли гостру променевою хворобу, можна було б очікувати розвитку РК у всіх випадках, адже отримана ними доза опромінення значно перевищує прийняті останнім часом нові ліміти дози на кришталік [11]. Тому вивчення співвідношення між різними типами катаракт у реконвалесцентів ГПХ дозволить отримати нові дані про перебіг катарактогенезу у віддаленому періоді після опромінення.

## МЕТА

Описати клінічні різновиди катаракт, що спостерігаються у віддаленому періоді після перенесеної гострої променевої хвороби у реконвалесцентів.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В період з 01.12.2010 року по 31.03.2019 р. проведено повне офтальмологічне обстеження 53 реконвалесцентів гострої променевої хвороби. У 1986 році у 6 пацієнтів було діагностовано ГПХ III ступеня, у 19 — II ступеня, у 28 — I ступеня. Середня доза опромінення обстежених ( $2,39 \pm 0,17$ ) Гр, дози коливались від 1,05 до 7,1 Гр. Вік на момент обстеження 50,7–81,4 років, середній вік — ( $64,6 \pm 1,2$ ) років.

Обстеження проводили через двадцять чотири — тридцять три роки після Чорнобильської аварії і аварійного опромінення пацієнтів. Офтальмологічне обстеження включало візометрію з корекцією і без, тонометрію, авторефрактокератометрію, біомікроскопію на щілинній лампі, фотог-

exposed individuals, the study of the clinical features of cataracts is important and relevant for ophthalmology science and practice. Known since the 19<sup>th</sup> century (1896 — first described cataract after hard X-rayed radiation influence), radiation cataract was considered as a non-stochastic effect of ionizing radiation. More recently, the threshold dose for its development was called 6 Gy, and then 2 Gy, and later 0.6 Gy [7–8]. The results of ophthalmologic examinations of radiation-exposed individuals have shown that a specific radiation cataract arises after exposure to significantly lower doses of IR than previously considered as a threshold [9]. In addition, it has been proved that the frequency of involutional cataract in the clean-up workers of the Chornobyl NPP accident significantly exceeds the control level, clearly indicating the shift in the beginning of the disease towards younger age groups. The frequency of cataract of this type is influenced by the age of the examined, the time of stay at risk after exposure IR and the dose of IR [9, 10].

In the remote period, in patients who suffered acute radiation sickness, one could expect the development of radiation cataract in all cases, because their dose of radiation significantly exceeds the recent new dose limits on the lens [11]. Therefore, the study of the correlation between different types of cataract in reconvalescents of ARS will allow to obtain new dictates on the course of cataractogenesis in the remote period after irradiation.

## OBJECTIVE

Describe the clinical types of cataracts in the remote period after acute radiation sickness in reconvalescents of acute radiation sickness.

## MATERIALS AND METHODS

In the period from 01.12.2010 to 31.03.2019, complete ophthalmologic examination of 53 reconvalescents of ARS was conducted. In 1986, 6 of these patients were diagnosed ARS III degree, 19 — II degree, 28 — I degree. The average dose of the examined patients was ( $2.39 \pm 0.17$ ) Gy, the doses ranged from 1.05 to 7.1 Gy. The age at the time of examination is 50.7–81.4 years; the average age is ( $64.6 \pm 1.2$ ) years.

The examinations were carried out twenty four — thirty three years after the Chornobyl accident and emergency exposure of patients. The ophthalmologic examination included visometry with and without correction, tonometry, autorefractokeratometry, biomicroscopy on a slit lamp, retroillu-

рафування кришталика в прохідному світлі на фундус-камері. Стадії катаракти оцінювали згідно з класифікацією [12], яка прийнята була за офіційну в Україні при проведенні обстежень радіаційно опромінених осіб [13]. Клінічна картина радіаційної катаракти є досить специфічною, завдяки чому вона може бути клінічно відділена від численних інших видів помутнінь кришталика [14–18].

Для оцінки результатів обстеження використані статистичні методи: обчислення середніх значень кількісних показників, оцінка вірогідності різниці за методом Ст'юдента.

## РЕЗУЛЬТАТИ І ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В період обстеження 10 пацієнтів (17 очей) оглянутих мали артіфакію після проведеного раніше хірургічного лікування, в 7 випадках було прооперовано два ока, в 3 випадках — одне око. Артіфакія спостерігалась у 33,33 % обстежених реконвалесцентів ГПХ III ступеня, у 21,05 % II ступеня і у 14,29 % реконвалесцентів ГПХ I ступеня. У цій роботі ми не проводимо реаналіз, тому питання етіології та патогенезу катаракт у вже прооперованих осіб не розглядаються.

У всіх інших пацієнтів виявлено зміни прозорості кришталика, причому у більшості пацієнтів — комбіновані. Радіаційна катаракта з її характерною клінічною картиною була виявлена у 32 осіб, ще в одному випадку зафіксовано її перші ознаки.

Перша стадія радіаційної катаракти спостерігалась у 23 осіб, друга — у 6 і третя — у 2 осіб (на 3 очах, у одного пацієнта на парному оці — артіфакія). На рис. 1 продемонстрована початкова радіаційна катаракта у реконвалесцента ГПХ III ступеня. Перша стадія радіаційної катаракти знайдена у 57,7 % не прооперованих осіб, що перенесли ГПХ I ступеня, у 41,2 % — ГПХ II ступеня, у 25 % — ГПХ III ст.

Друга стадія радіаційної катаракти спостерігалась у 7,7 % реконвалесцентів ГПХ I, у 11,8 % — ГПХ II, у 50 % реконвалесцентів ГПХ III ступеня. Друга стадія радіаційної катаракти у пацієнта, що переніс ГПХ I ступеня, представлена на рис. 2.

Третя стадія радіаційної катаракти виявлена у 11,8 % непрооперованих реконвалесцентів ГПХ II, у 25 % — ГПХ III. Третя стадія радіаційної катаракти у пацієнта, що переніс ГПХ I ступеня, представлена на рис. 3.

Катаракта інволюційна спостерігалась у 42 осіб, у 33 з них — перша стадія катаракти, у 9 — друга. На рис. 4 показана інволюційна катаракта у реконвалесцента ГПХ I ступеня.

mination photography of a lens (infrared and color). The stages of cataract were evaluated according to the classification [12], which was adopted as official in Ukraine when conducting surveys of radiation-exposed persons [13]. In this case, the clinical picture of radiation cataract is quite specific, so it can be clinically separated from many other types of cloudiness of the lens [14–18].

To evaluate the results of surveys the statistical methods were used: calculation of average values of quantitative indicators, and Student's *t*-test.

## RESULTS AND DISCUSSION

During the survey period 10 (17 eyes) of patients had an artifakia after a previous surgical treatment, in 7 cases there were two eyes operated, in 3 cases — one eye. Artifacia was observed in 33.33 % of the examined reconvalescents of the ARS of the III degree, 21.05 % of the II degree and in 14.29 % of reconvalescents of the ARS of the I degree. In this work, we do not conduct a reanalysis and questions of etiology and pathogenesis of cataract in already operated persons are not considered.

All other patients had changes in the transparency of the lens; the most patients had combined changes. Radiation cataract with its characteristic clinical picture was detected in 32 people, and in one more case, its first signs were recorded.

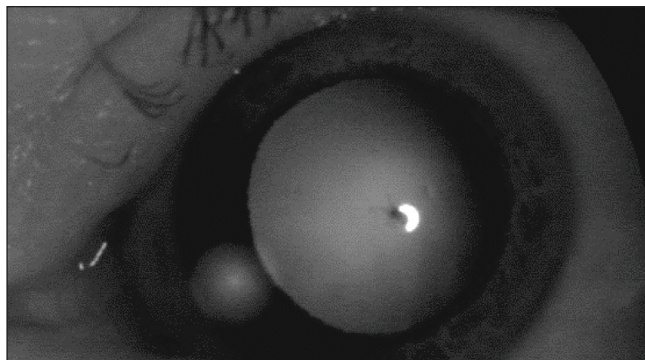
The first stage of radiation cataract was observed in 23 people, the second — in 6 people and the third — in 2 people (in 3 eyes, in one patient in a pair of eyes — artifacia). Figure 1 shown the initial radiation cataract in the reconvalесcent of ARS of the third degree. The first stage of radiation cataract was found in 57.7 % of unoperated persons undergoing ARS I degree, in 41.2 % — ARS II degree, in 25 % — ARS III degree.

The second stage of radiation cataract was observed in 7.7 % of reconvalescents of ARS I, in 11.8 % of ARS II, and 50 % of ARS III. The second stage of radiation cataract in a patient, who had ARS I degree, is presented in Fig. 2

The third stage of radiation cataract was detected in 11.8 % of reconvalescents of ARS II, which had not operation and 25 % of ARS III. The third stage of radiation cataract in a patient who had ARS I degree, is presented in Fig. 3.

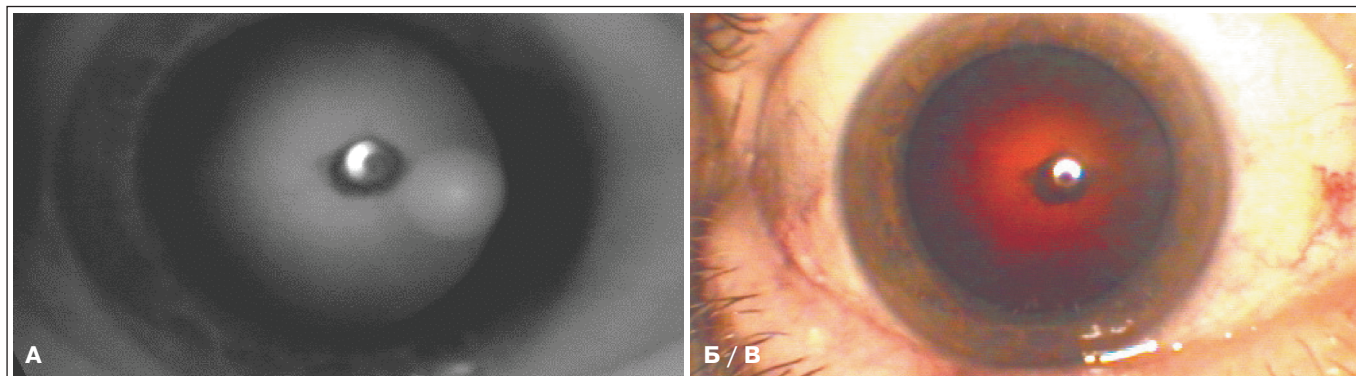
Involutional cataract was observed in 42 people, in 33 of them — the first stage of cataract, 9 patients had the second stage. Figure 4 shows an involutional cataract in reconvalescents ARS I degree.





**Рисунок 1.** Початкова радіаційна катаракта (першої стадії) у реконвалесцента ГПХ I ступеня (в інфрачервоному зображенні)

**Figure 1.** Initial radiation cataract (first stage) in reconvalescent of ARS I degree (infrared image)

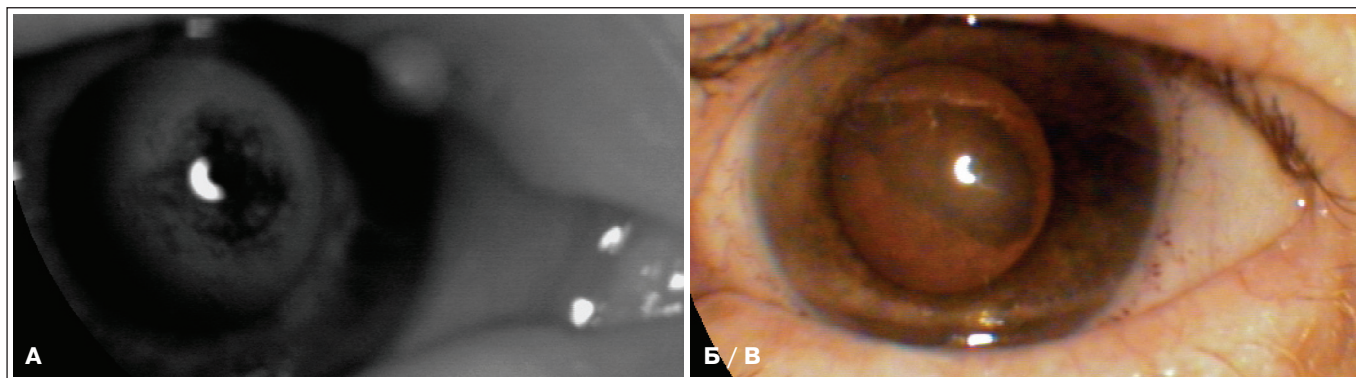


**Рисунок 2.** Радіаційна катаракта другої стадії у реконвалесцента ГПХ I ступеня

A – в інфрачервоному зображенні; B – в кольоровому зображенні

**Figure 2.** Radiation cataract of the second stage in the reconvalescent ARS I degree

A – infrared image; B – color image

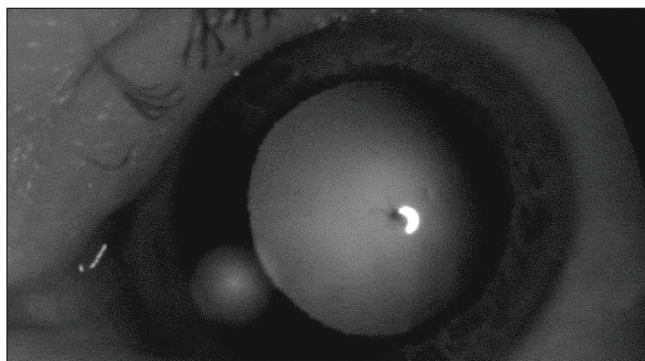


**Рисунок 3.** Радіаційна катаракта третьої стадії у реконвалесцента ГПХ I ступеня

A – в інфрачервоному зображенні; B – в кольоровому зображенні

**Figure 3.** Radiation cataract of the third stage in the reconvalescent of ARS I degree

A – infrared image; B – color image



**Рисунок 4.** Інволюційна катаракта у реконвалесцента ГПХ I ступеня

**Figure 4.** Involutional cataract in reconvalescent ARS I degree

Таким чином, у більшості реконвалесцентів ГПХ спостерігались комбіновані зміни кришталика — комбінація інволюційної і радіаційної катаракт. Водночас, у 18 осіб виявлено картину тільки одного різновиду катаракти — або радіаційної, або інволюційної. При цьому у 14 осіб не виявлено проявів радіаційної катаракти, відсутність чітких проявів інволюційної катаракти спостерігалась у 4 осіб.

Слід було очікувати значної розповсюдженості інволюційних змін, враховуючи середній вік обстежених —  $(64,6 \pm 1,2)$  років. Відсутність видимих ознак інволюційної катаракти може в такій групі спостерігатись у відносно молодих осіб і, як описано раніше [16], у випадках наявності масивного помутніння радіаційної генези, яке виникло давно. Дійсно, серед тих, у кого не виявлено ознак інволюційної катаракти, двоє осіб — реконвалесцент ГПХ II ступеня і реконвалесцент ГПХ III ступеня — мали радіаційну катаракту другої стадії, один пацієнт — реконвалесцент ГПХ III ступеня — радіаційну катаракту третьої стадії; в усіх трьох випадках спостерігалось значне специфічне помутніння кришталика. Тільки в одному випадку — у реконвалесцента ГПХ III ступеня віком 52,4 року на момент огляду — спостерігалась відсутність проявів інволюційної катаракти при наявності початкової радіаційної катаракти (I стадії).

Більший інтерес представляють випадки відсутності радіаційних змін кришталика у реконвалесцентів ГПХ. Серед цих 14 осіб в 1986 р. гостру променеву хворобу I ступеня перенесли 8 осіб і гостру променеву хворобу II ступеня — 6 осіб. Середній вік пацієнтів без радіаційної катаракти —  $(61,99 \pm 1,85)$  років, різниця з групою реконвалесцентів ГПХ в цілому не вірогідна ( $t = 0,29$ ;  $p > 0,05$ ). Середня доза опромінення в цій підгрупі —  $(2,27 \pm 0,22)$  Гр (дози відомі для 10 осіб, коливались від 1,25 до 3,3 Гр), різниця з групою в цілому також невірогідна ( $t = 0,18$ ;  $p > 0,05$ ). Розподіл випадків відсутності радіаційної катаракти залежно від дози опромінення представлено на рис. 5.

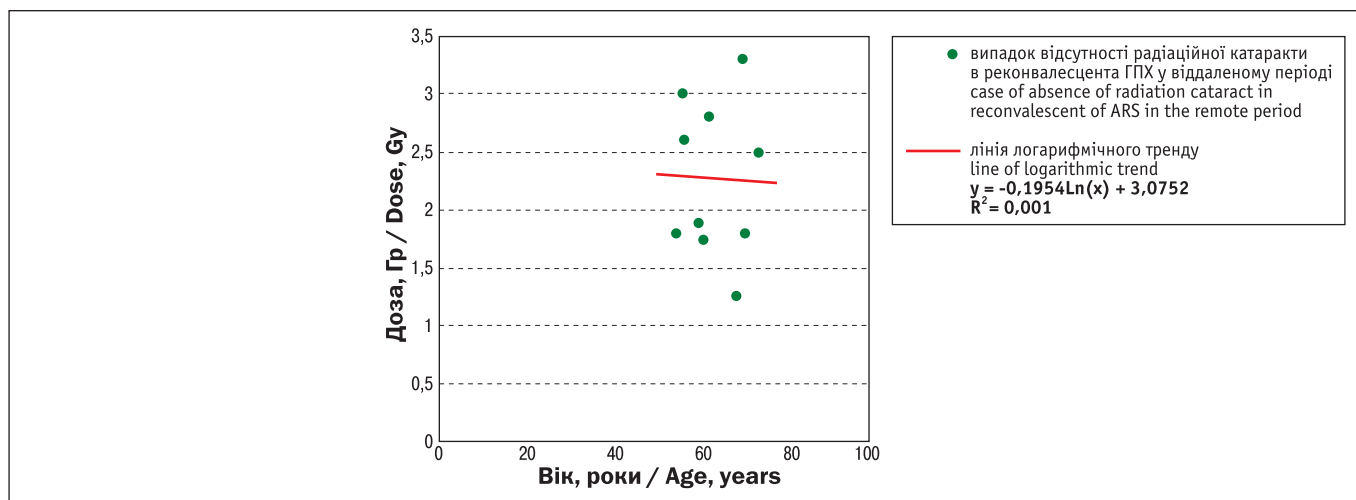
Виходячи з уявлень про нестохастичну природу радіаційної катаракти, слід було б очікувати її наявності у всіх осіб з дозовим навантаженням, яке значно перевищує ті значення, що їх вважають пороговими нині [11]. Але отримані результати добре корелюють з математичними очікуваннями за моделями ризику радіаційної катаракти, отриманими нами раніше на інших групах радіаційно опромінених осіб [10]. Ці моделі є безпороговими і характеризують ефект, що може розглядатися як стохастичний.

Thus, the majority of reconvalescents of ARS had combined lens changes — a combination of involutonal and radiation cataracts. At the same time, 18 people found a picture of only one type of cataract — either radiation or involutonal. At the same time, 14 people had not manifestations of radiation cataract, and 4 people had not clear manifestations of involutonal cataract.

Taking into account the average age of the patients —  $(64,6 \pm 1,2)$  years, the significant prevalence of age-related changes should be expected. The absence of visible signs of senile cataract can be observed in such a group in relatively young individuals and, as previously described [16], in cases of massive cloudiness of the radiation genes that have arisen for a long time. Really, among those who had not signs of senile cataract, two persons — the reconvalescent of ARS II degree and the reconvalescent of ARS of the III degree — had a radiation cataract of the second stage, one patient — reconvalescent of ARS III degree — radiation cataract of the third stage; in all three cases a significant specific clouding of the lens was observed. Only in one case — reconvalescent ARS III degree at the age of 52.4 years at the time of examination had initial radiation cataract (I stage) without manifestations of senile cataract.

Of more interest are cases of absence of radiation changes in the lens in the reconvalescents of ARS. Among these 14 people in 1986, 8 persons had the I degree of ARS and 6 persons had the II degree of ARS. The average age of patients without radiation cataract was  $(61.99 \pm 1.85)$  years, the difference with the group of reconvalescents GPH in general is unlikely ( $t = 0.29$ ;  $p > 0.05$ ). The average dose of irradiation in this subgroup was  $(2.27 \pm 0.22)$  Gy (the doses are known for 10 people ranged from 1.25 to 3.3 Gy), the difference with the group as a whole is also unlikely ( $t = 0.18$ ,  $p > 0.05$ ). The distribution of cases of absence of radiation cataract, depending on the dose of irradiation presented in Fig. 5.

Based on the notions of the non-stochastic nature of radiation cataract, it should be expected that it is available to all persons with a dose load, which far exceeds the values that they consider threshold today [11]. But the results are well correlated with the mathematical expectations of the risk models of radiation cataract that we have received [10] earlier in other groups of radiation-exposed persons. These models are non-threshold and characterize the effect that can be considered as stochastic.



**Рисунок 5. Розподіл випадків відсутності радіаційної катаракти в залежності від дози опромінення і віку на момент обстеження реконвалесцентів гострої променевої хвороби**

Дані і логарифмічний тренд представлені в проекції на лінійну шкалу

**Figure 5. Distribution of cases of absence of radiation cataracts depending on radiation dose and age at the time of examination of reconvalescents of acute radiation sickness**

Data and logarithmic trend presented in a projection on a linear scale

Подальший аналіз клінічних особливостей патології кришталика в реконвалесцентів ГПХ з використанням сучасних класифікацій, таких як LOCS III [19] і розробленої нами [20], перспективний для вивчення механізму ушкодження кришталика у цієї категорії постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи.

## ВИСНОВКИ

Результати обстеження 53 реконвалесцентів гострої променевої хвороби у віддаленому періоді після опромінення показали, що в період обстеження 10 оглянутих осіб (17 очей) мали артіфакію після проведеного раніше хірургічного лікування.

У всіх інших пацієнтів було виявлено зміни прозорості кришталика, причому у більшості пацієнтів – комбіновані. Радіаційна катаракта з її характерною клінічною картиною була виявлена у 32 осіб, ще в одному випадку зафіксовано її перші ознаки. Катаракта інволюційна спостерігалась у 42 осіб. Водночас, у 18 осіб виявлено картину тільки одного різновиду катаракти – або радіаційної, або інволюційної.

У 14 реконвалесцентів ГПХ у віддаленому періоді після опромінення не виявлено проявів радіаційної катаракти; дози опромінення цих пацієнтів коливались від 1,25 до 3,3 Гр, тобто значно перевищують рівні, які вважають пороговими для радіаційної катаракти. Тому відсутність її ознак у віддаленому періоді у цих осіб, може свідчити, що цей відомий радіаційно обумовлений ефект є стохастичним.

Further analysis of the clinical features of the lens pathology in the reconvalescents of the ARS using more modern classifications, such as LOCS III [19] and developed by us [20], is promising for studying the mechanism of damage to the lens in this category of victims of the Chornobyl accident.

## CONCLUSIONS

The results of the examination of 53 reconvalescents of acute radiation sickness in the remote period after irradiation showed that during the examination period, 10 (17 eyes) examined had artifakia after previous surgical treatment.

In all other patients, changes in the transparency of the lens were detected, and most patients had combined changes. Radiation cataract with its characteristic clinical picture was detected in 32 people, in one more case, it's first signs were recorded. Cataract involutional was observed in 42 people. At the same time, 18 people found a picture of only one type of cataract – either radiation or involutional.

Radiation cataract has not been detected in 14 reconvalescents of ARS in the remote period after irradiation; the radiation doses of these patients ranged from 1.25 to 3.3 Gy, significantly exceeds the offered before threshold levels for radiation cataract. Therefore, the absence of its signs in the remote period in individuals exposed to doses above 2 Gy may indicate that this well-known radiation-induced effect is stochastic.



Подальший аналіз клінічних особливостей патології кришталика в реконвалесцентів ГПХ перспективний для вивчення механізму ушкодження кришталика у цієї категорії постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Further analysis of the clinical features of the lens's pathology in the reconvalescents of ARS is promising for the study of the mechanism of damage to the lens in this category of victims of the Chernobyl accident.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Belyi D. A., Bazyka A. D., Bazyka D. A. Evolution of health status in persons who survived acute radiation sickness in the result of the accident 50 at Chernobyl NPP (based on 29 years followup) In: *Health effects of the Chernobyl accident - thirty years aftermath* / eds. D. Bazyka, V. Sushko, A. Chumak et al. Kyiv : DIA, 2016. P. 50–61.
2. Gunko N. V. Efficacy evaluation of managed population shift in Ukraine from zone of obligate (compulsory) resettlement as a measure of public radiation protection. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2015. Vol. 20. P. 174–184.
3. Investigations on health conditions of Chernobyl nuclear power plant accident recovery workers from Latvia in late period after disaster / J. Reste, T. Zvagule, N. Kurjane et al. *Proceedings of the Latvian Academy of sciences. Section B.* 2016. Vol. 70, no. 5. P. 257–265.
4. Main internal dose-forming factors for inhabitants of contaminated regions at current phase of the Chernobyl nuclear power plant accident (Kyiv region as an example) / V. V. Vasilenko, S. Yu. Nechaev, M. Ya. Tsigankov et al. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2015. Vol. 20. P. 147–156.
5. Peculiarities of internal radiation doses due to  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  intake in population from Zhytomyr oblast in a late period after the Chernobyl NPP accident / V. V. Vasilenko, M. Ya. Tsigankov, S. Yu. Nechaev et al. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2013. Vol. 18. P. 59–69.
6. Retinal vascular pathology risk development in the irradiated at different ages as a result of Chernobyl NPP accident / P. A. Fedirko, T. F. Babenko, R. Y. Dorichevskaya, N. A. Garkava. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2015. Vol. 20. P. 467–475.
7. Merriam G. R., Focht E. F. A clinical study of radiation cataract and the relationship to dose. *Am. J. Roentgenol. Radium Ther. Nucl. Med.* 1957. Vol. 77, no. 5. P. 759–785.
8. МКРЗ. Дозовые зависимости нестохастических эффектов. Основные концепции и величины, используемые в МКРЗ. Публикации 41, 42 МКРЗ. Москва, 1987. 99 с.
9. Buzunov V., Fedirko P. Ophthalmopathology in victims of the Chernobyl catastrophe - results of clinical epidemiological study. In: *Ocular radiation risk assessment in populations exposed to environmental radiation contamination* / eds. A.K.Junk, Y.Kundiev, P.Vitte, B.V.Worgul. Dordrecht / Boston / London : Kluwer Ac. Publish, 1999. P. 57–67.
10. Fedirko P. Eye: clinic, diagnostics, regularities and risks for development of eye pathology in Chernobyl catastrophe sufferers In: *Health effects of the Chernobyl accident - thirty years aftermath* / eds. A. Serdiuk, V. Bebesko, D. Bazyka et al. Kyiv : DIA, 2011. P. 492–510.
11. IAEA: Nuclear safety review 2013 : GC(57)/INF/3. Vienna : IAEA/NSR, 2013.

## REFERENCES

1. Belyi DA, Bazyka AD, Bazyka DA. Evolution of health status in persons who survived acute radiation sickness in the result of the accident 50 at Chernobyl NPP (based on 29 years followup) In: Bazyka D, Sushko V, Chumak A, et al., editors. *Health effects of the Chernobyl accident - thirty years aftermath*. Kyiv: DIA; 2016. p. 50-61.
2. Gunko NV. Efficacy evaluation of managed population shift in Ukraine from zone of obligate (compulsory) resettlement as a measure of public radiation protection. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2015;20:174-84.
3. Reste J, Zvagule T, Kurjane N, et al. Investigations on health conditions of Chernobyl nuclear power plant accident recovery workers from Latvia in late period after disaster. *Proceedings of the Latvian Academy of sciences. Section B.* 2016;70(5):257-65.
4. Vasilenko W, Nechaev SYu, Tsigankov MYa, Ratia GG, Berkovskyy VB, Pikta VO, et al. Main internal dose-forming factors for inhabitants of contaminated regions at current phase of the Chernobyl nuclear power plant accident (Kyiv region as an example). *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2015;20:147-56.
5. Vasilenko W, Tsigankov MYa, Nechaev SYu, Pikta VO, Zadorozhna GM, Bilonyk AB. Peculiarities of internal radiation doses due to  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  intake in population from Zhytomyr oblast in a late period after the Chernobyl NPP accident. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2013;18:59-69.
6. Fedirko PA, Babenko TF, Dorichevskaya RY, Garkava NA. Retinal vascular pathology risk development in the irradiated at different ages as a result of Chernobyl NPP accident. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2015;20:467-75.
7. Merriam GR, Focht EF. A clinical study of radiation cataract and the relationship to dose. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med.* 1957;77(5):759-85.
8. International Commission of Radiological Protection. Dose dependence of non-stochastic effects. *ICRP Publications 41. Annals of the ICRP.* Pergamon Press, Oxford, New Yourk. 1984;14(3): 33 P.
9. Buzunov V, Fedirko P. Ophthalmopathology in victims of the Chernobyl catastrophe - results of clinical epidemiological study. In: Junk AK, Kundiev Y, Vitte P, Worgul BV, editors. *Ocular radiation risk assessment in populations exposed to environmental radiation contamination.* Dordrecht, Boston, London: Kluwer Ac. Publish; 1999. p. 57-67.
10. Fedirko P. Eye: clinic, diagnostics, regularities and risks for development of eye pathology in Chernobyl catastrophe sufferers In: Serdiuk A, Bebesko V, Bazyka D, et al., editors. *Health effects of the Chernobyl accident - thirty years aftermath.* Kyiv: DIA; 2011. p. 492-510.
11. IAEA: Nuclear safety review 2013 : GC(57)/INF/3. Vienna: IAEA/NSR; 2013.



12. Medvedovsky C. Criteria for the subjective assessment of cataracts. NATO advanced research workshop «Ocular Radiation Risk Assessment in Populations Exposed to Environmental Radiation Contamination», Kyiv, J. 28, 1997 - Aug. 1, 1997. Program & Abstracts. Kyiv, 1997. P. 23.
13. Наказ МОЗ України N 322 від 06.08.2001 «Про введення в дію критеріїв визначення катаракти при попередніх та періодичних офтальмологічних оглядах робітників об'єктів атомної енергетики»
14. Герасимов В. И., Ермолова-Маковская А. П., Рамзаев П. В. Зависимость доза-эффект по оценке частоты возникновения лучевой катаракты. *Мед. радиология*. 1986. № 4. С. 52–55.
15. Миловидова И. А. Определение латентного периода лучевых катаракт. *Мед. радиология*. 1981. № 9. С. 52–56.
16. Федірко П. А. Променева катаракта як віддалений наслідок Чорнобильської катастрофи. *Вісн. наук. досл.* 2000. № 2. С. 46–48.
17. Cogan D. G., Dreisler K. K. Minimal amount of x-ray exposure causing lens opacities in the human eye. *AMA Arch. Ophthalmol.* 1953. Vol. 50, no. 1. P. 30–34.
18. Hall P., Granath F., Lundell M., Olsson K., Holm L-E., Lenticular opacities in individuals exposed to ionizing radiation in infancy. *Radiat. Res.* 1999. Vol. 152, no. 1. P. 190–195. DOI: <https://doi.org/10.2307/3580093>.
19. The lens opacities classification system III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. / L. T. Chylack, J. K. Wolfe, D. M. Singer et al. *Arch. Ophthalmol.* 1993. Vol. 111, no. 6. P. 831–836. DOI: 10.1001/archophth.1993.01090060119035.
20. Федірко П. А. Спосіб визначення ступеня помутніння кришталика людини. Пат. 59860 Україна, МПК А61В 3/10. № u201000235; Заявл. 13. 01. 2010; опубл. 10. 06. 2011, Бюл. № 11, 2011.
12. Medvedovsky C. Criteria for the subjective assessment of cataracts. NATO advanced research workshop «Ocular Radiation Risk Assessment in Populations Exposed to Environmental Radiation Contamination», Kyiv, J. 28, 1997 - Aug. 1, 1997. Program & Abstracts. Kyiv, 1997. p. 23.
13. Ministry of Health of Ukraine Order of 2001 Aug 6, No 322 [On introduction to the criteria for determination of cataracts in preliminary and periodic ophthalmological surveys of workers of nuclear power plants]. Ukrainian.
14. Gerasimov VI, Ermolova-Makovskaya AP, Ramzayev PV. [Dependence of dose-effect on the estimation of the frequency of radiation cataract occurrence]. *Medical Radiology*. 1986;(4):52-5. Russian.
15. Milovidova IA. [Determination of the latent period of radiation cataract]. *Medical Radiology*. 1981;(9):52-56. Russian.
16. Fedirko PA. [Radiation cataract as a remote consequence of the Chernobyl catastrophe]. *Bulletin of Scientific Research*. 2000; (2):46-8. Ukrainian.
17. Cogan DG, Dreisler KK. Minimal amount of x-ray exposure causing lens opacities in the human eye. *AMA Arch Ophthalmol*. 1953;50(1):30-4.
18. Hall P, Granath F, Lundell M, Olsson K, Holm L-E. Lenticular opacities in individuals exposed to ionizing radiation in infancy. *Radiat Res*. 1999;152(1):190-5. DOI: <https://doi.org/10.2307/3580093>.
19. Chylack LT, Wolfe JK, Singer DM, et al. The lens opacities classification system III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol*. 1993;111(6):831-6. DOI: 10.1001/archophth.1993.01090060119035.
20. Fedirko PA. [Method of determining the degree of turbidity of the human lens]. Patent 59860 Ukraine, IPC A61B 3/10. No. u201000235; Declared 13<sup>th</sup> January 2010; published 10<sup>th</sup> of June 2011, Bull. No. 11; 2011. Ukrainian.

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Федірко Павло Андрійович** – доктор медичних наук, професор, директор Інституту радіаційної гігієни і епідеміології ННЦРМ, керівник лабораторії радіаційних захворювань ока Інституту радіаційної гігієни і епідеміології ННЦРМ, м. Київ

**Бабенко Тетяна Федорівна** – кандидат медичних наук, учений секретар Інституту радіаційної гігієни і епідеміології ННЦРМ, старший науковий співробітник лабораторії радіаційних захворювань ока Інституту радіаційної гігієни і епідеміології ННЦРМ, м. Київ

**Колосинська Олена Олександрівна** – провідний науковий співробітник відділу медичної експертизи та лікування наслідків впливу радіаційного опромінення, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ

**Дорічевська Раїса Юхимівна** – науковий співробітник лабораторії радіаційних захворювань ока, Інститут радіаційної гігієни і епідеміології ННЦРМ, м. Київ

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Pavlo A. Fedirko** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of Health Physics and Epidemiology Institute, NRCRM, Chief Laboratory of Radiation-induced Eye Diseases, Health Physics and Epidemiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine

**Tetyana F. Babenko** – Candidate of Medical Sciences, Scientific Secretary of Health Physics and Epidemiology Institute, NRCRM, Senior Researcher, Laboratory of Radiation-induced Eye Diseases, Health Physics and Epidemiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine

**Olena O. Kolosynska** – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, Nuclear Power Energetics & Industry Personnel Health Monitoring Unit, Institute for Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv

**Raisa Yu. Dorichevska** – Researcher, Laboratory of Radiation-induced Eye Diseases, Health Physics and Epidemiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine

**Гарькава Наталія Анатоліївна** – кандидат медичних наук, асистент кафедри офтальмології, Державний заклад «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», м. Дніпро

**Сушко Віктор Олександрович** – доктор медичних наук, професор, перший заступник генерального директора ННЦРМ з наукової роботи, керівник відділу медичної експертизи та лікування наслідків впливу радіаційного опромінення, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ

**Nataliya A. Garkava** – Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor, Ophthalmology Department, State Institution «Dnipropetrovsk Medical Academy of Health Ministry of Ukraine», Dnipro, Ukraine

**Viktor O. Sushko** – Doctor of Medical Sciences, Professor, First Deputy Director General for Research Work of NRCRM, Chief Division for Medical Expertise and Treatment of Ionizing Radiation Consequences, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine

*Стаття надійшла до редакції 19.05.20*

*Received: 19.05.20*