

# Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 2(30)

2023 г.

## Учредитель

Государственное учреждение  
«Республиканский научно-  
практический центр  
радиационной медицины  
и экологии человека»

**Журнал включен в** Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)

**Журнал зарегистрирован**  
Министерством информации  
Республики Беларусь,  
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 25.09.23  
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.  
Гарнитура «Times New Roman».  
Печать цифровая. Тираж 120 экз.  
Усл. печ. л. 15,5. Уч.-изд. л. 9,54.  
Зак. 556.

Издатель ГУ «Республиканский  
научно-практический центр  
радиационной медицины и  
экологии человека»  
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в КУП  
«Редакция газеты  
«Гомельская праўда»  
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

## Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., профессор)

## Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора), В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздакин (к.т.н., доцент), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н., доцент), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н.), М.О. Досина (к.б.н., доцент), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., доцент, отв. секретарь), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаяев (к.м.н., доцент), Д.В. Кравченко (к.м.н.), А.Н. Лызинов (д.м.н., профессор), А.В. Макарич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мишура (д.м.н., доцент), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), Э.А. Надьров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н., доцент), А.П. Саивончик (к.б.н.), А.Е. Силин (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), И.О. Стома (д.м.н., профессор), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (к.м.н., доцент)

## Редакционный совет

А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), О.В. Алейникова (д.м.н., чл.-кор. НАН РБ, Минск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Е.Л. Богдан (Минск), Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), В.И. Жарко (Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Е.Н. Кроткова (к.м.н., доцент, Минск), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (МЗ РБ, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Д. Тронько (д.м.н., чл.-кор. НАН, акад. НАМН Украины, Киев), А.Л. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (д.м.н., профессор, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

## Технический редактор

С.Н. Никонович

**Адрес редакции** 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,

ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала

тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97

http://www.mbp.rcrm.by e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение

«Республиканский научно-практический центр  
радиационной медицины и экологии человека», 2023

№ 2(30)

2023

# Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

## **Founder**

Republican Research Centre  
for Radiation Medicine  
and Human Ecology

Journal registration  
by the Ministry of information  
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre  
for Radiation Medicine  
and Human Ecology

**ISSN 2074-2088**

**Обзоры и проблемные статьи****Reviews and problem articles**

**С.В. Зыблева, Ю.И. Рожко, А.В. Жарикова, Б.О. Кабешев, С.Л. Зыблев**

**S.V. Zybleva, Yu.I. Rozhko, A.V. Zharikova, B.O. Kabeshev, S.L. Zyblev**

Роль N-ацетилцистеина в терапии заболеваний, характеризующихся окислительным стрессом (обзор литературы) 6

The role N-acetylcysteine (nac) in the therapy of diseases characterized by oxidative stress (literature review)

**Медико-биологические проблемы****Medical-biological problems**

**Н.Н. Веялкина, Л.А. Белая, О.С. Аксёненко, А.Е. Сусленкова, Е.А. Медведева**

**N.N. Veialkina, L.A. Belaia, O.S. Aksenenko, A.E. Suslenkova, E.A. Medvedeva**

Влияние хронического рентгеновского облучения в малых дозах на грудной отдел в эксперименте 17

Effect of chronic X-ray irradiation in low doses on the thoracic region in an experiment

**И.Е. Гурьянова, Е.А. Полякова, К. Суффритти, Л.Б. Коростелева, С.Н. Алешкевич, Ю.С. Жаранкова, М.В. Белевцев**

**I.E. Guryanova, E.A. Polyakova, C. Suffritti, L.B. Korosteleva, S.N. Aleshkevich, Y.S. Zharankova, M.V. Belevtsev**

Клиническая эффективность применения метода по определению расщепленного высокомолекулярного кининогена в диагностике наследственного ангиоотека 23

Clinical efficiency of the cleaved high-molecular-weight kininogen detection in the diagnosis of hereditary angioedema

**А.-М.В. Ерофеева, С.В. Пинчук, С.Н. Рябцева, А.Ю. Молчанова**

**A.-M. Yerofeyeva, S. Pinchuk, S. Rjabceva, A. Molchanova**

Активация каннабиноидных рецепторов II типа как вариант потенцирования мезенхимальных стволовых клеток в модели периферической нейропатической боли 29

Activation of type II cannabinoid receptors as variant for mesenchymal stem cell potentiation in a model of peripheral neuropathic pain

**Я.И. Исайкина, В.В. Солодовникова, Р.Л. Фролова, Ю.В. Савич, А.А. Жерносеченко, Е.М. Скрыгина**

**Y. Isaikina, V. Solodovnikova, R. Frolova, U. Savich, H. Zhernasechanka, A. Skrahina**

Мезенхимальные стволовые клетки из костного мозга пациентов с лекарственно-устойчивым туберкулезом для применения в клеточной терапии 40

Mesenchymal stem cells from bone marrow of patients with drug-resistant tuberculosis for cellular therapy

**М.В. Кадука, Т.А. Бекяшева, С.А. Иванов, В.В. Ступина**

**M.V. Kaduka, T.A. Bekjasheva, S.A. Ivanov, V.V. Stupina**

Содержание изотопов урана в некоторых видах пищевых продуктов. Оптимизация метода определения 46

Uranium isotopes content in the certain types of foodstuffs. Optimization of the analytical method

<b>Е.К. Нилова, К.Н. Буздалкин</b>		<b>E.K. Nilova, K.N. Buzdalkin</b>	
Геометрический фактор для оценки плотности загрязнения почвы <i>in-situ</i>	54	Geometry factor for <i>in-situ</i> soil contamination density estimation	
<b>А.М. Островский, И.Н. Коляда</b>		<b>A.M. Ostrovsky, I.N. Kolyada</b>	
Анализ смертности населения Гомельской области от инфекционных и паразитарных болезней в 2009-2019 гг.	62	Mortality analysis of the Gomel region population from infectious and parasitic diseases in 2009-2019	
<b>Н.В. Поклонская, Ю.А. Шилова, Т.В. Амвросьева</b>		<b>N.V. Paklonskaya, Yu.A. Shilova, T.V. Amvrosieva</b>	
Метод мультиплексной полимеразной цепной реакции для диагностики вирусной кишечной инфекции неуточненной	69	Multiplex polymerase chain reaction method for the diagnosis of unspecified viral acute gastroenteritis	

### ***Клиническая медицина***

### ***Clinical medicine***

<b>Л.И. Данилова, В.А. Рожко, И.В. Веялкин, И.Г. Савастеева, С.Н. Никонович, Т.М. Шаршакова</b>		<b>L.I. Danilova, V.A. Rozhko, I.V. Veyalkin, I.G. Savasteeva, S.N. Nikonovich, T.M. Sharshakova</b>	
Клинико-лабораторные особенности аутоиммунного тиреоидита у субъектов когорты по результатам скрининга	74	Clinical and laboratory features of autoimmune thyroiditis in subjects of the cohort according to the results of screening	
<b>А.Ю. Захарко, А.С. Подгорная, О.В. Мурашко, Т.В. Статкевич, А.Р. Ромбальская</b>		<b>A.Yu. Zaharko, A.S. Podgornaya, O.V. Murashko, T.V. Statkevich, A.R. Rombalskaya</b>	
Течение беременности, родов, состояние фетоплацентарного комплекса у женщин с абдоминальным ожирением и гипертензивными расстройствами	88	Course of pregnancy, delivery, the state of the fetoplacental complex in women with abdominal obesity and hypertensive disorders	
<b>В.В. Крюков</b>		<b>V.V. Kryukov</b>	
Состояние когнитивной сферы участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС	95	The state of the cognitions of clean-up workers of the consequences of the Chernobyl accident	
<b>Д.М. Лось, В.С. Волчек</b>		<b>D. Los', V. Volchek</b>	
Оценка осведомленности женского населения Гомельской области о профилактике и ранней диагностике рака молочной железы	106	Assessment of awareness of the female population of Gomel region about prevention and early diagnosis of breast cancer	
<b>Н.А. Песковая, А.В. Солнцева</b>		<b>N.A. Peskavaya, A.V. Solntsava</b>	
Факторы снижения минеральной плотности костной ткани у детей с синдромом Шерешевского-Тернера	111	Factors of reduced bone mineral density in children with Turner syndrome	

*Обмен опытом*

*Experience exchange*

**Н.А. Метляева, А.Ю. Бушманов, И.А. Галстян, В.Ю. Нугис, М.В. Кончаловский, О.В. Щербатых, Ф.С. Торубаров, Е.О. Нечаева, А.С. Кретов, В.В. Кореньков**

**N.A. Metlyeva, A.Yu. Bushmanov, I.A. Galstyan, V.Yu. Nugis, M.V. Konchalovsky, O.V. Shcherbatykh, F.S. Torubarov, E.O. Nechaeva, A.S. Kretov, V.V. Korenkov**

Психофизиологическая оценка индивидуальных особенностей личности у двух пациентов с тяжелыми местными лучевыми поражениями кистей рук и острой лучевой болезнью I степени (30 лет наблюдения)

Psychophysiological Assessment of Individual Personality in Two Patients with Severe Local Radiation Injuries (LRI) of Hand and Acute Radiation Sickness (ARS) I Degree (30 Years of Follow-up)

УДК 616.712:612.014.481.1]-036.12-092.4:57.084  
DOI: 10.58708/2074-2088.2023-2(30)-17-22

Н.Н. Веялкина<sup>1,2</sup>, Л.А. Белая<sup>2</sup>,  
О.С. Аксёненко<sup>1</sup>, А.Е. Сусленкова<sup>1</sup>,  
Е.А. Медведева<sup>1</sup>

## ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ НА ГРУДНОЙ ОТДЕЛ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

<sup>1</sup>ГУ «Институт радиобиологии» НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь;

<sup>2</sup>УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Беларусь

Было изучено влияние многократного облучения грудного отдела лабораторных мышцей линии С57В1/6 в низкой дозе на общее состояние лабораторных животных и состояние их легких. Показано, что многократное локальное облучение грудного отдела мышцей в дозе 150 мГр (общая доза облучения составила 1050 мГр) не вызывает значимых морфофункциональных изменений легких мышцей, но при этом повышается уровень апоптотических клеток в смешанной популяции клеток легкого в среднем до 6,7%, а также повышается уровень провоспалительных цитокинов ИЛ-1 $\beta$  и ФНО $\alpha$  в гомогенатах легочной ткани по сравнению с контролем, что свидетельствует об активации иммунитета в облученной ткани в ответ на многократное низкодозовое облучение.

**Ключевые слова:** рентгеновское излучение, мышцы, легкое, хроническое локальное облучение

### Введение

Ежегодно в мире проводится более 4 200 миллионов радиологических обследований в целях диагностики, 40 миллионов процедур с использованием ядерных материалов и 8,5 миллиона процедур радиотерапии в лечебных целях. На медицинское использование излучения приходится по разным данным 95-98% всей дозы облучения от всех искусственных источников, что составляет 20% от общего воздействия на население [1]. В настоящее время в Беларуси эксплуатируются более 2300 рентгеновских диагностических аппаратов. Ежегодно проводится более 15 миллионов рентгенологических исследований, около половины которых – флюорографические снимки органов грудной клетки с профилактической целью, в последние годы значительно возросло количество КТ исследований, которые имеют преобладающий вклад в формирование годовой коллективной дозы медицинского облучения населения [2].

Дозы, получаемые человеком при проведении диагностических процедур, отно-

сятся к низким дозам облучения. Определения низкодозового облучения менялись с течением времени, но в целом к низким дозам относят суммарные менее 200 мГр, при этом мощности доз ниже 0,1 мГр/мин определяются как низкие мощности дозы облучения [3].

Экспериментальных данных, однозначно трактующих эффекты низких доз ионизирующего облучения, недостаточно по сравнению с диапазоном высоких доз, где доступно множество данных для оценки риска развития негативных последствий радиационного воздействия для человека [4]. По-прежнему отсутствует единая точка зрения о биологических эффектах, вызываемых облучением в малых дозах. С одной точки зрения, среди полезных, положительных эффектов облучения в малых дозах называют радиационный гормезис и феномен адаптивного ответа. С другой стороны, имеются эпидемиологические данные, свидетельствующие об увеличении риска возникновения онкологических заболеваний после воздействия острого облучения в дозах выше 50 мГр или хроническо-

го в дозе 100 мГр, а также медицинских диагностических процедур, в частности, компьютерной томографии [5].

Повреждение ДНК считается основным следствием воздействия ионизирующего излучения и является одним из ключевых факторов, определяющих долгосрочную судьбу клеток после облучения. Ионизирующее излучение в низких дозах также может вызывать различные повреждения ДНК [6, 7], даже если степень таких повреждений недостаточна, чтобы вызвать синтез сигнальных факторов. Многие авторы отмечают наличие сильной взаимосвязи между повреждением ДНК и воспалительным ответом, запускающим преимущественно врожденные иммунные реакции [8, 9]. Цитокины, такие как фактор некроза опухолей- $\alpha$  (ФНО- $\alpha$ ), интерлейкин-1 $\beta$  (ИЛ-1 $\beta$ ) и интерлейкин-6 (ИЛ-6), относятся к факторам врожденного иммунитета, запускающим воспалительную реакцию в ответ на повреждение, вызванное теми или иными агентами.

В связи с этим *целью исследования*, было изучать влияние многократного облучения грудного отдела лабораторных мышей линии C57Bl/6 в низкой дозе на общее состояние животных и состояние их легких.

### *Материал и методы исследования*

Эксперименты проводились на лабораторных мышах линии C57Bl/6 обоего пола в возрасте 2,5-3 месяца на момент начала нашего исследования. Животных содержали в условиях стационарного вивария Государственного научного учреждения «Институт радиобиологии НАН Беларуси» на полноценном стандартном пищевом рационе и свободным доступом к воде, 12/12-часовом режиме освещения и темноты, согласно установленным нормам. Эксперименты выполнялись в соответствии с международными рекомендациями «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях».

Были выделены следующие экспериментальные группы животных: 1 – кон-

троль (интактные животные, выполнялись все манипуляции, кроме облучения); 2 – облучение грудного отдела в режиме рентгенографии 1 раз в две недели в дозе 0,150 мГр (после 7-ми процедур общая доза облучения составила 1,050 мГр). Каждая группа состояла из 5 самок и 5 самцов. Мышей подвергали облучению с помощью рентгеновского аппарата биологического назначения X-Rad 320 Precision X-ray Inc (напряжение на трубке 40 кВ, сила тока 3 мА). Локальное облучение грудного отдела животного достигалось экранированием при помощи защитных пластин.

Наблюдение за клиническим состоянием животных вели на протяжении всего экспериментального периода. Животных выводили из эксперимента путем декапитации на фоне глубокого эфирного наркоза. Затем проводили взятие крови, вскрытие, осмотр и выделение, взвешивание внутренних органов.

Выполнялась перфузия легкого 9% раствором NaCl для удаления крови. Далее легкое делили на несколько частей, которые взвешивали и использовали для исследования уровня цитокинов в гомогенатах, для оценки клеточной гибели методом проточной цитометрии и гистологического исследования.

Кусочки легкого гомогенизировали с использованием лизисного буфера RIPA. Концентрацию цитокинов ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-6 и ФНО $\alpha$  в клеточных гомогенатах легкого определяли с помощью набора для цитокиноспецифического ИФА (R&D system DuoSet ELISA) в соответствии с инструкциями производителя.

Часть легкого подвергали ферментной диссоциации при помощи 0,2% раствора коллагеназы и проводили анализ количества апоптотических клеток легкого на проточном цитофлюориметре Cytomics FC 500 (Beckman Coulter, США) с использованием набора ANNEXIN V – FITC Apoptosis Kit (Invitrogen, США), содержащим аннексин V (An-V) и пропидия йодид (PI). Данный метод позволяет вы-

делить четыре популяции клеток: живые клетки – An-V- PI-; клетки на ранней стадии апоптоза – An-V+ PI-; на поздней стадии апоптоза и частично некротирующие клетки – An-V+ PI+ и некротические клетки – An-V- PI+.

Для гистологического анализа легкие фиксировали в 10% формальдегиде и заливали в парафин для последующего окрашивания гематоксилином и эозином

Так как значимых различий в группах животных в зависимости от пола выявлено не было, то анализ данных проводился по всей группе животных без учета их пола. Данные представлены в виде ( $M \pm m$ ), где  $M$  – средняя арифметическая,  $m$  – стандартная ошибка среднего или в виде медианы и минимального и максимального значений:  $Me (Min - Max)$ , при сравнении 2-х независимых групп использовался критерий Манна-Уитни. Статистическую обработку полученного материала проводили с использованием пакета прикладных программ «IBM SPSS Statistics 22». Результаты анализа считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования

В течение всего эксперимента гибели животных отмечено не было, контрольная и экспериментальная группы мышей имели положительный прирост массы тела. При некропсии не отмечено макроскопических изменений и изменений массовых показателей внутренних органов как расположенных в зоне облучения (сердце, легкое), так и вне зоны облучения (печень, селезенка, почки) (таблица 1).

При исследовании уровня цитокинов в гомогенатах ткани легкого наблюдалось повышение их содержания в ткани легкого облученных животных по сравнению с контролем. Содержание ИЛ-1 $\beta$  увеличилось

в среднем до  $130,6 \pm 15,1$  пг/мл по сравнению с  $87 \pm 8,27$  пг/мл в контроле ( $p < 0,05$ ). Уровень ИЛ-6 не был значимо изменен по сравнению со значениями в контрольной группе. Содержание ФНО- $\alpha$  в ткани облученных животных возросло более чем в 2 раза по сравнению с контролем (рисунок 1) до  $168,2 \pm 9,1$  пг/мл при  $92,5 \pm 7,1$  пг/мл в контроле ( $p < 0,05$ ).

В данном исследовании у облученных животных отмечено повышение уровня клеточной гибели в общей популяции клеток легкого (рисунок 2). Доля клеток на стадии раннего апоптоза возросла до  $7,01 \pm 0,66\%$  при  $3,48 \pm 0,71\%$  в контроле ( $p < 0,05$ ), на стадии позднего апоптоза до  $3,07 \pm 0,41\%$  и на стадии некроза до  $0,98 \pm 0,16\%$  при  $0,43 \pm 0,07\%$  и  $0,38 \pm 0,09\%$  в контроле, соответственно.

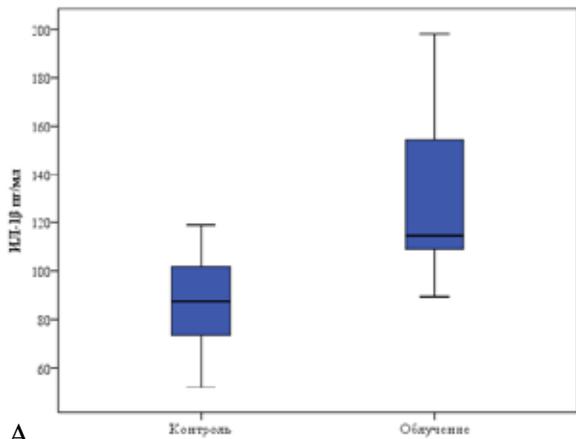
Гистологическое исследование срезов легкого мышей контрольной и опытной группы не показало значимых различий в строении ткани органа (рисунок 3). Бронхи мелкого калибра были выстланы двух- и одноклеточным кубическим эпителием, железы и хрящи в них встречались редко, терминальные бронхиолы были выстланы однослойным кубическим эпителием.

Альвеолы расправлены, внутренняя поверхность альвеол выстлана преимущественно уплощенными пневмоцитами. Межальвеолярные перегородки тонкие, содержат полнокровные капилляры. В стенках респираторных альвеол, преимущественно периваскулярно, очагово встречаются островки лимфоидной ткани, состоящие из малых лимфоцитов.

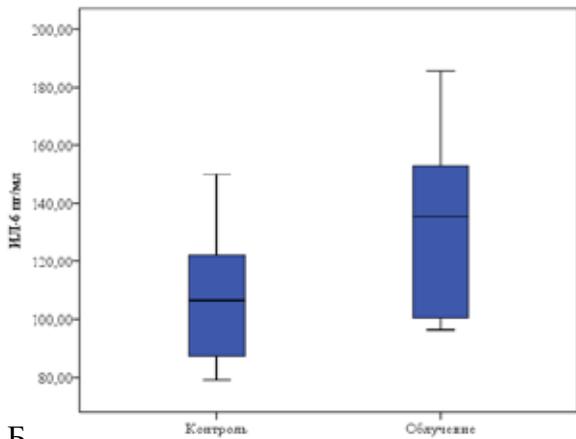
При отборе животных для данного эксперимента руководствовались следующими возрастными соотношениями мышья-человек: возраст животных, отобранных для эксперимента, составлял в среднем 12 недель, что соответствует 20

**Таблица 1** – Массовые коэффициенты внутренних органов мышей линии C57Bl/6 в контрольной и опытной группах ( $M \pm m$ )

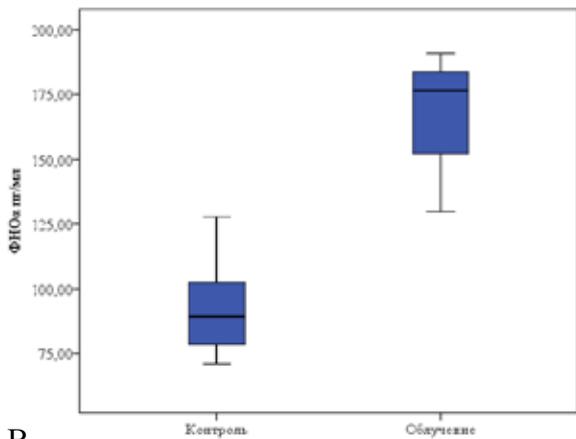
Наименование группы	сердце	легкие	тимус	селезенка	печень	почки
Контроль	$0,60 \pm 0,03$	$0,89 \pm 0,03$	$0,26 \pm 0,02$	$0,38 \pm 0,03$	$4,59 \pm 0,12$	$1,48 \pm 0,07$
Облучение	$0,62 \pm 0,02$	$0,96 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,02$	$0,34 \pm 0,01$	$4,77 \pm 0,08$	$1,47 \pm 0,06$



А



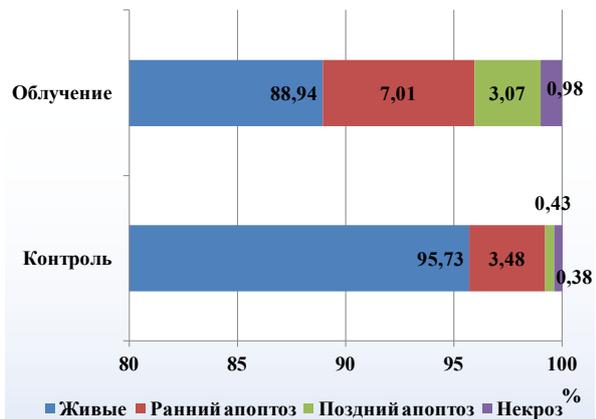
Б



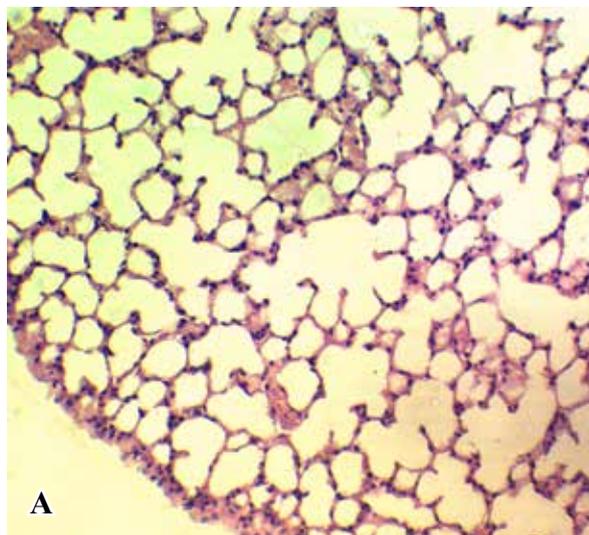
В

А – ИЛ-1β, Б – ИЛ-6, В – ФНОα, (Me, Min-Max)  
**Рисунок 1** – Изменение уровня цитокинов в гомогенатах легких мышей после многократного низкодозового облучения

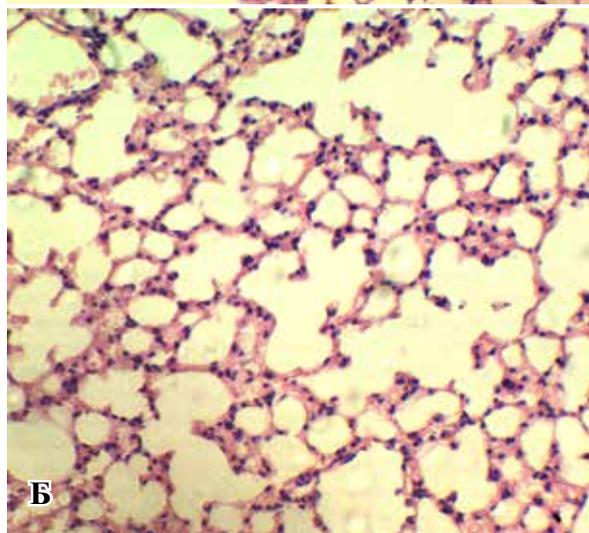
годам человеческого возраста. Для человека 18-20 лет – возраст начала ежегодных профосмотров с применением методов лучевой диагностики, а с возраста 20-25 лет повышается вероятность профессионального облучения в связи с началом



**Рисунок 2** – Уровень клеточной гибели в смешанной популяции клеток легкого мышей линии C57Bl/6 в контрольной и опытной группах



А



Б

А – контрольная группа, Б – группа облученных животных. Окраска – гематоксилин-эозин. Ув. ×250

**Рисунок 3** – Микрофотография ткани легкого мыши

трудовой деятельности. К окончанию эксперимента возраст животных составлял 28 недель, что соответствует 35-40 годам для человека. Данный возрастной период для человеческой когорты соответствует началу роста риска заболеваемости злокачественными новообразованиями [10].

На данном сроке наблюдения не было выявлено значимого изменения общего состояния экспериментальных животных, подверженных многократному низкодозовому облучению. Наблюдалось лишь незначительное снижение весового коэффициента селезенки и тимуса. Также не отмечено изменений в гистологической картине легкого у животных контрольной и опытной групп.

Однако повышение уровня цитокинов и повышение уровня клеточной гибели в ткани легкого свидетельствуют об активации врожденного иммунитета в облученной ткани в ответ на многократное низкодозовое облучение и более активной элиминации поврежденных клеток путем апоптоза.

Полученные результаты согласуются с публикациями других авторов о стимулирующем действии низких доз ионизирующего излучения на иммунные клетки и продукцию цитокинов [8].

### Заключение

Многократное локальное облучение грудного отдела мышей в дозе 150мГр (общая доза облучения составила 1050 мГр) не вызывает значимых морфофункциональных изменений легких мышей, но при этом повышается уровень апоптотических клеток в смешанной популяции клеток легкого в среднем до 6,7%, а также повышается уровень провоспалительных цитокинов ИЛ-1 $\beta$  и ФНО $\alpha$  в гомогенатах легочной ткани по сравнению с контро-

лем, что свидетельствует об активации врожденного иммунитета в облученной ткани в ответ на многократное низкодозовое облучение.

### Библиографический список

1. Ионизирующее излучение и его последствия для здоровья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects/>. – Дата доступа: 30.05.2023.
2. Дозы облучения населения Гомельской области от медицинской рентгенодиагностики до и в начале пандемии COVID-19 / Н.Г. Власова [и др.] // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2022. – Т.28, № 2. – С. 35-40.
3. Paunesku, T. Reflections on Basic Science Studies Involving Low Doses of Ionizing Radiation / T. Paunesku, G. Woloschak. // Health Physics. – 2018. – Vol.5, Iss. 115. – P. 623-627.
4. Effects of low dose and low dose rate low linear energy transfer radiation on animals - review of recent studies relevant for carcinogenesis. / T. Paunesku [et al.] // Int. J. Radiat. Biol. – 2021. – Vol.6, Iss. 97. – P. 757-768.
5. Кострюкова, Н.К. Биологические эффекты малых доз ионизирующего излучения / Н.К. Кострюкова, В.А. Карпин // Сибирский медицинский журнал. – 2005. Т. 50. № 1. – С. 17-22.
6. Quantifying murine bone marrow and blood radiation dose response following (18)F-FDG PET with DNA damage biomarkers / G. Manning [et al.] // Mutat. Res. – 2014. – Iss. 770. – P. 29-36.
7. Rothkamm, K. Leukocyte DNA damage after multi-detector row CT: a quantitative biomarker of low-level radiation exposure / K. Rothkamm [et al.] // Radiology. – 2007. – Iss. 242. – P. 244-251.
8. Ermolaeva, M. The innate immune system as mediator of systemic DNA damage responses / M. Ermolaeva, B. Schumacher // Commun. Integr. Biol. – 2013. Iss. 6. – 10.4161/cib.26926.
9. The DNA damage response and immune signaling alliance: Is it good or bad? Nature decides when and where / I.S. Pateras. [et al.] // Pharmacol. Ther. – 2015. – Iss. 154. – P. 36-56.
10. Рак в Беларуси: цифры и факты. Анализ данных Белорусского канцер-регистра за 2010-2019 гг. / А.Е. Океанов и др.; под ред. С.Л. Полякова. – Минск: РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова, 2020. – 298 с.

**N.N. Veialkina, L.A. Belaia, O.S. Aksenenko, A.E. Suslenkova, E.A. Medvedeva**

**EFFECT OF CHRONIC X-RAY IRRADIATION IN LOW DOSES  
ON THE THORACIC REGION IN AN EXPERIMENT**

The effect of repeated low dose irradiation of the thoracic region of laboratory mice of the C57Bl/6 line on the general condition of laboratory animals and the condition of their lungs was studied. It has been shown that repeated local irradiation of the thoracic region of mice at a dose of 150 mGy (the total radiation dose was 1050 mGy) does not cause significant changes in the general condition of the animals, morphofunctional changes in the lungs of mice, but at the same time the level of apoptotic cells in the mixed population of lung cells increases to an average of 6,7%, and also increases the level of pro-inflammatory cytokines IL-1 and TNF $\alpha$  in lung tissue homogenates, compared to the control, which indicates activation of innate immunity in irradiated tissue in response to repeated low-dose irradiation.

**Key words:** *X-ray radiation, mice, lung, chronic local exposure*

*Поступила 04.09.23*