

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(29)

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 30.04.23
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 130 экз.
Усл. печ. л. 15,5. Уч.-изд. л. 9,7.
Зак. 165.

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

№ 1(29)

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**

Д.А. Евсеенко, З.А. Дундаров, Ю.И. Галицкая

Патофизиологические аспекты свободнорадикальных механизмов формирования кожных рубцов

6

D. Evseenko, Z. Dundarov, Y. Galitskaya

Pathophysiological aspects of free radical mechanisms of formation of skin scars

Н.Д. Пузан, И.А. Чешик

Молекулярные механизмы действия ионизирующего излучения. Влияние облучения на белок (обзор литературы)

14

N.D. Puzan, I.A. Cheshik

Molecular mechanisms of effects of ionizing radiation action. Irradiation effect on protein (literary review)

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

Али Адиб Хуссейн Али, О.Е. Кузнецов
Элементный состав тканей в норме и при ожирении у крыс линии Wistar

27

A.A.H. Ali, O.E. Kuznetsov

Elemental composition of tissues in normal and obese Wistar rats

Е.К. Нилова, К.Н. Буздалькин

Методы экспресс-оценки радиационной обстановки с применением мобильной лаборатории в чрезвычайных ситуациях

35

E.K. Nilova, K.N. Buzdalkin

Methods for express assessment of the radiation situation using a mobile laboratory in emergency situations

О.В. Шаховская, М.Н. Стародубцева, Е.А. Медведева

Характеристика радиочувствительности организмов с помощью параметров редокс-свойств плазмы крови

43

O.V. Shakhovskaya, M.N. Starodubtseva, A.A. Miadzvedzeva

Characteristics of radiosensitivity of organisms using parameters of redox properties of blood plasma

Клиническая медицина**Clinical medicine**

А.Ю. Захарко, Т.В. Статкевич, А.С. Подгорная, О.В. Мурашко

Факторы риска артериальной гипертензии у женщин с абдоминальным ожирением и гипертензивными расстройствами беременности в анамнезе

49

A.Yu. Zaharko, T.V. Statkevich, A.S. Podgor-naya, O.V. Murashko

Risk factors for arterial hypertension in women with abdominal obesity and hypertensive disorders of pregnancy in the history

Ж.М. Козич, В.Н. Мартинков, И.В. Вейлкин, Ж.Н. Пугачева, Д.А. Близин, Н.Н. Климович
Анализ эпидемиологических показателей множественной миеломы и клинических факторов, влияющих на течение заболевания

55

Zh.M. Kozich, V.N. Martinkov, I.V. Veyalkin, J.N. Pugacheva, D.A. Blizin, N.N. Klimkovich
Analysis of the epidemiological characteristics of multiple myeloma and clinical factors affecting the course of the disease

- А.В. Коротаев, А.М. Пристром, Е.П. Науменко, С.Н. Коржева, Л.Ф. Ларенко, Я.Л. Навменова**
Изменения биомеханики сократительности миокарда левого желудочка: результаты проспективного динамического наблюдения 62
- А.V. Korotaev, A.M. Pristrom, E.P. Naumenko, S.N. Korzheva, L.F. Larenko, Ya.L. Navmenova**
Changes in the biomechanics of contractility of the myocardium of the left ventricle: results of prospective follow-up
- Д.К. Новик, В.Н. Мартинков, И.В. Веялкин, И.А. Искров, А.Е. Силин, Т.А. Рачкова, Н.Ф. Василевская, М.А. Бобырев, Ж.Н. Меренкова, Л.Л. Наваро, А.С. Урюпин, А.Л. Усс**
Региональные особенности первичной заболеваемости хроническими Ph-негативными миелопролиферативными заболеваниями в Беларуси 67
- D. Novik, V. Martinkov, I. Veyalkin, I. Iskrov, A. Silin, T. Rachkova, N. Vasilevskaya, M. Bobyrev, Zh. Merenkova, L. Navaro, A. Uryupin, A. Uss**
Regional features of the incidence of chronic Ph-negative myeloproliferative neoplasms in Belarus
- О.Л. Никифорова, Н.В. Галиновская, Е.В. Воропаев**
Оценка качества жизни пациентов, перенесших инфекцию COVID-19 в легкой и среднетяжелой формах 75
- O.L. Nikiforova, N.V. Galinovskaya, E.V. Voropaev**
Assessment of the quality of life of patients who have had COVID-19 infection, in mild and moderate forms
- А.С. Подгорная, А.Ю. Захарко, О.В. Мурашко, К.В. Бронская**
Миомэктомия: хирургическая тактика, репродуктивные исходы 82
- A.S. Podgornaya, A.Yu. Zaharko, O.V. Murashko, K.V. Bronskaya**
Myomectomy: surgical tactics, reproductive outcomes
- Ю.И. Ярец**
Показатели иммунного статуса у пациентов с хроническими ранами в зависимости от стадии инфекционного процесса и структуры микробиоты раны 89
- Y.I. Yarets**
Indicators of the immune status in patients with chronic wounds depending on the stage of the infectious process and the structure of the wound microbiota
- N.V. Kholupko, E.N. Vaschenko, Ya.L. Navmenova, M. Wisham, A.E. Filyustin, A.V. Korotaev, E.N. Kholupko, V.A. Zhuravlev, M.G. Rusalenko**
A clinical case of ectopic ACTH syndrome: diagnostic difficulties 99
- Н.В. Холупко, Е.Н. Ващенко, Я.Л. Навменова, М. Вишам, А.Е. Филюстин, А.В. Коротаев, Е.Н. Холупко, В.А. Журавлев, М.Г. Русаленко**
АКТГ-синдром: трудности диагностики

Обмен опытом**Experience exchange**

- Е.В. Дорофей**
Отношение подростков, проживающих в зоне наблюдения Белорусской АЭС, к радиационной безопасности 105
- E.V. Dorofei**
Attitude of teenagers living in the supervision zone of the Belarusian NPP to radiation safety

Н.Г. Кадочкина, Е.В. Родина, А.П. Саливончик, Д.И. Гавриленко

Клинический случай: кардиальный синкопе у пожилой пациентки

110

N.G. Kadochkina, E.V. Rodzina, A.P. Salivontchik, D.I. Haurilenka

Cardiac syncope in an elderly patient: a clinical case from practice

В.С. Смирнов, А.О. Жарикова, О.И. Ананченко, О.И. Дудузова, А.В. Жарикова

Энцефалит Расмуссена (обзор и клинический случай)

116

V.S. Smirnov, A.O. Zharikova, O.I. Ananchenko, O.I. Duduzova, A.V. Zharikova

Rasmussen's encephalitis (review and clinical case)

ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМОВ С ПОМОЩЬЮ ПАРАМЕТРОВ РЕДОКС-СВОЙСТВ ПЛАЗМЫ КРОВИ¹ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», г. Гомель, Беларусь;²УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Беларусь

В работе были проанализированы зависимости параметров кинетической кривой хемилюминесценции системы АБАП+люминол в присутствии плазмы крови после облучения цельной крови крыс Wistar (10 и 16 мес) и мышей (4 мес) линии BALB/c *in vitro* рентгеновским излучением в дозах 0,5-200 Гр. Установлены различия характеров зависимостей изученных параметров, которые связаны с редокс-свойствами плазмы крови, от вида организма и возраста организма. Результаты анализа полученных данных указывают на более высокую радиочувствительность крови мышей в сравнении с кровью крыс, что может служить подтверждением радиочувствительности мыши линии BALB/c.

Ключевые слова: радиочувствительность, рентгеновское излучение, мыши, крысы, редокс-свойства, плазма крови, хемилюминесценция

Введение

В радиобиологических исследованиях особый интерес вызывает степень радиочувствительности живых организмов и возможность её коррекции. Радиочувствительность живых организмов изменяется в очень больших пределах. Различие отмечается не только в филогенетически различных группах, но и между видами. Основным звеном патогенеза радиационного поражения является комплекс структурно-метаболических нарушений в клетке, приводящих к нарушению её функции и гибели. В процесс поражения клеток и тканей организма вовлекаются практически все элементы этих сложных систем и их репарация замедляется [1]. Ключевым механизмом повреждающего действия ионизирующего излучения на клетки и ткани является образование активных форм кислорода (АФК). Параметры редокс-свойств клеточных систем и тканей, подвергшихся действию ионизирующего излучения, являются важными маркерами их радиационного повреждения. Кровь является интегральной тканью организма, и редокс-состояние крови при модельном радиационном воздействии может помочь выявля-

нию степени радиочувствительности целого организма.

Часто в радиобиологических исследованиях в качестве биологической модели используют крыс линии Wistar и мышей линии BALB/c [2]. Известно, что у белых крыс линии Wistar имеется специфический спектр содержания и распределения биогенных аминов в различных структурах головного мозга, тиолов и других биологически активных веществ, принимающих участие в определении индивидуальной радиорезистентности [3]. Мыши линии BALB/c являются радиочувствительной линией, что показано в опытах по выживаемости и частоте хромосомных aberrаций в костном мозге [4]. Известно также, что мыши линии BALB/c генетически предрасположены к повышенной радиационно-индуцированной геномной нестабильности за счёт снижения активности ДНК-РКс [5, 6].

Целью работы являлся сравнительный анализ радиочувствительности разных организмов с помощью параметров хемилюминесценции системы «АБАП+люминол+плазма крови» в биологической модели облучения цельной крови рентгеновским излучением *in vitro*.

Материал и методы исследования

Объектом исследования были модельные животные крысы (в возрасте 10 и 16 мес. самцы крыс линии Wistar) и мыши (в возрасте 4 мес. самцы мышей линии BALB/c). До начала эксперимента было получено одобрение комитета по этике УО «Гомельский государственный медицинский университет» на проведение исследования (протокол № 2 от 24.03.2021 г). Все экспериментальные работы с лабораторными животными выполнялись в соответствии с общепринятыми нормами обращения с животными и правилами Директивы 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях, от 22 сентября 2010 г.

Забор крови у лабораторных животных проводился натошак на фоне глубокого эфирного наркоза. У мышей кровь отбирали путём декапитации, у крыс из воротной вены печени. Кровь помещали в пробирку с раствором 3,2% 2-замещённого цитрата натрия в соотношении 9:1. Полученную путём центрифугирования (3000 об/мин, 20 мин при 4°C) плазма крови помещали в микропробирки типа Eppendorf и хранили при -80°C до выполнения эксперимента. Облучение цельной крови животных проводили с использованием рентгеновского аппарата биологического назначения X-RAD 320 Precision X-ray Inc (напряжение на трубке – 320 кВ, сила тока – 12,5 мА, средняя мощность дозы – 98,8 сГр/мин, фильтр №2 (1,5 мм Al, 0,25 мм Cu, 0,75 мм Sn), расстояние до объекта – 50 см). Цельную кровь крыс в возрасте 10 мес. (экспериментальная группа состояла из 5 животных) облучали дозами 0,5, 1, 10, 50, 100, 200 Гр; цельную кровь крыс в возрасте 16 мес. (экспериментальная группа состояла из 4 животных) облучали дозами 1, 25, 50, 100 Гр; цельную кровь мышей в возрасте 4 мес. (экспериментальная группа состояла из 25 животных, на каждую дозу по 5 животных) облучали дозами 1, 10, 100, 200 Гр. Контрольные образцы выдерживались при таких же условиях, исключая воздействие рентгеновского излучения.

Для оценки редокс-параметров плазмы крови использовали методику, основанную на люминол-зависимой хемилюминесценции системы с генератором свободных радикалов – органическим азосоединением АБАП [7] с небольшими изменениями. Кинетику хемилюминесценции записывали с помощью многофункционального планшетного ридера Tecan Infinite M200. Все измерения проводили при температуре 37°C. Были использованы следующие реагенты: люминол, 2,2'-азобис (2-амидинопропан) дигидрохлорид (АБАП), натрий-фосфатный буфер (PBS). В лунку 96-луночного белого планшета добавляли 5 мкл 80 мкМ люминола, 10 мкл 50 мМ АБАП. Смесь инкубировали 20 мин при комнатной температуре в темноте, добавляли 175 мкл 1×PBS. Устанавливали планшет в разогретый до 37°C прибор. Регистрировали свечение до достижения стационарного уровня при 37°C, затем добавляли 10 мкл плазмы крови, предварительно разбавленной в 50 раз (для плазмы крыс), в 100 раз (для плазмы мышей). Затем записывали кинетику хемилюминесценции в течение 2-х часов. Антиоксидантные и прооксидантные свойства плазмы оценивали с помощью параметров кинетической кривой развития хемилюминесценции в системе «АБАП+люминол+плазма крови» при аппроксимации кривой функциями Logistic и в программе OriginLab.

Математическая функция Logistic имеет вид:

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^p} + A_2,$$

где A_1 и A_2 – начальный и конечный уровни интенсивности хемилюминесценции;

x_0 – центр, точка перегиба кривой;

p – коэффициент, определяющий крутизну кривой.

Нормальность распределения признака оценивали методом Шапиро-Вилка. Результаты анализа представлены в виде медианы и границ межквартильного диапазона (Me (Q_1 ; Q_3)). Однофакторный дисперсионный

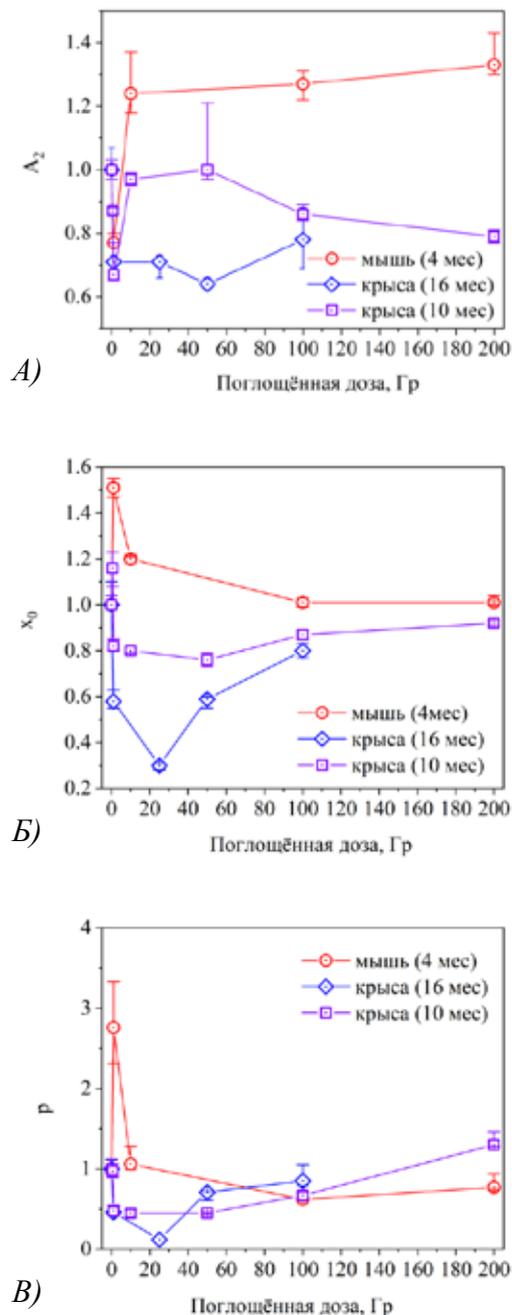
анализ проводился с использованием апостериорного теста ANOVA (тест Краскала-Уоллиса) с поправкой Бонферрони).

Результаты исследования

Для изучения радиочувствительности разных организмов был проведён сравнительный анализ параметров хемилюминесценции «АБАП+люминол+плазма крови» после облучения рентгеновским излучением цельной крови *in vitro* (рисунок 1). На рисунке 1А представлены изменения параметра A_2 , который соотносится с максимально достижимой величиной скорости производства АФК в изучаемой системе, которая связана с прооксидантными свойствами плазмы крови. Параметр x_0 (рисунок 1Б) характеризует антиоксидантные свойства и соотносится с так называемой лаг-фазой кинетической кривой. На рисунке 1В представлены зависимости параметра p от поглощённой дозы. Этот параметр определяет крутизну центрального участка кинетической кривой, что определяется изменением скорости производства АФК в изучаемой системе.

В таблице 1 представлены результаты однофакторного дисперсионного анализа параметров кинетики хемилюминесценции с помощью непараметрического критерия Краскала-Уоллиса с поправкой Бонферрони.

Результаты анализа параметров хемилюминесценции изучаемой системы показывают, что как для крыс разных возрастов, так и для мышей имеет место существенная зависимость всех параметров от дозы облучения крови. При этом значительные изменения параметров характерны в диапазоне доз до 50-100 Гр вне зависимости от вида организма и его возраста. При более высоких дозах практически все типы форменных элементов крови претерпевают изменения с потерей их функциональных свойств и последующей их гибелью по разным механизмам. Характер кинетической кривой хемилюминесценции «АБАП+люминол» зависит от присутствия в среде (в плазме крови) низкомолекулярных и высокомолекулярных веществ, вы-



Примечание – Данные представлены в виде медианы и границ интерквартильного интервала

Рисунок 1 – Зависимость параметров кинетики хемилюминесценции (A_2 (А), x_0 (Б), p (В)) от поглощённой дозы для мышей 4 мес и крыс 10 и 16 мес

деляемых форменными элементами крови в процессе реакции крови на стрессовый фактор (рентгеновское излучение). Полученные данные свидетельствуют, что характер изменения каждого из параметров хемилюминесценции изученной системы в

Таблица 1 – Результаты дисперсионного статистического анализа параметров кинетики хемилюминесценции для мышей 4 мес, крыс 10 и 16 мес

	Параметр	Критерий Краскел-Уоллиса	Множественные сравнения с поправкой Бонферрони
Мыши 4 месяца	A_2	$H = 31,4792$ $p < 10^{-5}$	0 Гр – 200 Гр ($p=0,0006$) 1 Гр – 10 Гр ($p=0,0001$) 1 Гр – 100 Гр ($p=0,0002$) 1 Гр – 100 Гр ($p < 10^{-5}$)
	x_0	$H = 30,2000$ $p < 10^{-5}$	0 Гр – 1 Гр ($p < 10^{-4}$) 0 Гр – 10 Гр ($p=0,0028$) 1 Гр – 100 Гр ($p < 10^{-4}$) 1 Гр – 200 Гр ($p < 10^{-4}$)
	p	$H = 30,3658$ $p <$	1 Гр – 100 Гр ($p < 10^{-6}$) 1 Гр – 200 Гр ($p=0,0001$) 10 Гр – 100 Гр ($p=0,0002$)
Крысы 10 месяцев	A_2	$H = 17,0013$ $p = 0,0093$	-
	x_0	$H = 23,1667$ $p = 0,0007$	0,5 Гр – 10 Гр ($p=0,0051$) 0,5 Гр – 50 Гр ($p=0,0053$)
	p	$H = 23,196$ $p = 0,000733$	1 Гр – 200 Гр ($p=0,0011$) 10 Гр – 100 Гр ($p=0,0005$) 10 Гр – 200 Гр ($p=0,0010$)
Крысы 16 месяцев	A_2	$H = 17,2086$ $p = 0,0018$	1 Гр – 50 Гр ($p < 10^{-4}$)
	x_0	$H = 30,1214$ $p < 10^{-5}$	0 Гр – 25 Гр ($p < 10^{-5}$) 0 Гр – 50 Гр ($p=0,0039$) 25 Гр – 100 Гр ($p < 10^{-4}$)
	p	$H = 30,950$ $p = 0,000003$	0 Гр – 1 Гр ($p=0,000814$) 1 Гр – 25 Гр ($p < 10^{-5}$) 25 Гр – 50 Гр ($p=0,001937$) 25 Гр – 100 Гр ($p < 10^{-4}$)

области доз до 50 Гр имеет существенную зависимость от вида организма и возраста организма. Диапазон доз 0,5-1,0 Гр характеризуется транзиторным и небольшим повышением антиоксидантных свойств плазмы крови, которое, вероятно, может иметь место за счёт активации лейкоцитарной фракции форменных элементов крови. В этом диапазоне имеет место снижение максимальной скорости наработки АФК в изучаемой системе (снижение параметра A_2) для всех изучаемых организмов (рисунок 1А). Однако, если для мышей два других параметра увеличиваются, то для крыс разных возрастов параметр p уменьшается, а параметр x_0 уменьшается только для более взрослых крыс. В то время как для более молодых крыс параметр x_0 увеличивается, но в значительно меньшей степени в сравнении с поведением этого параметра для мыши (рисунок 1Б). Для диапазона доз

1-50 Гр характер изменения параметров хемилюминесценции изучаемой системы различается для крыс и мышей, в том числе для крыс разного возраста. Для плазмы крови мышей имеет место значительное увеличение параметра A_2 , при этом параметры x_0 и p практически не отличаются от контрольных. Величина параметра A_2 для более молодых крыс достигает контрольных значений, в то время как для более взрослых крыс этот параметр значительно снижен (рисунок 1А). Данный факт может свидетельствовать о большей устойчивости крови крыс к облучению в сравнении с кровью мыши линии BALB/c. В этом дозовом интервале величины параметров x_0 и p значительно снижены в сравнении с контрольными значениями, причём степень снижения существенно больше для более взрослых крыс. Возрастные особенности характеров изменения параметров

хемилюминесценции изучаемой системы могут быть также связаны со снижением функциональной активности клеток крови с возрастом.

Данные литературы по редокс-свойствам плазмы и крови после облучения ионизирующим излучением противоречивы. В исследованиях Sun с соавторами [8] после облучения крови мышей линии C57BL/6J (которая отличается по радиочувствительности от мышей линии BALB/6, используемой в данной работе [9]) рентгеновским излучением в дозах 0,5-3 Гр было обнаружено уменьшение антиоксидантной способности крови при дозе только 1 Гр на второй день после облучения и при дозах 0,5-3 Гр на 2-16 день после облучения. При этом существенных изменений антиоксидантных свойств плазмы крови не обнаружено во всем интервале времени после облучения (2-24 суток) [8]. В экспериментах с облучением целого организма крыс Wistar рентгеновским излучением в малых дозах (0,2 Гр) обнаружено повышение уровней восстановленного глутатиона, общего глутатиона, активности каталазы, липопероксидазы и глутатион-S-трансферазы в крови животных к концу первых суток после облучения. Было предположено, что воздействие рентгеновских лучей в малых дозах вызывает активацию клеточной защитной системы, которая в значительной степени поддерживается увеличением активности глутатион-S-трансферазы [10].

В целом, кровь мышей BALB/c как ткань высоко чувствительна к ионизирующему излучению: в области до 1 Гр резко проявляются антиоксидантные свойства плазмы, а при увеличении дозы – существенные прооксидантные свойства плазмы. Усиление антиоксидантных свойств плазмы при малых дозах рентгеновского излучения характерны и для крови более молодых крыс. С возрастом для крыс имеет место ослабление антиоксидантных свойств плазмы, облучённой малыми дозами рентгеновского излучения крови. В то же время снижаются и прооксидантные свойства плазмы облучённой крови.

Заключение

Результаты сравнительного анализа параметров хемилюминесценции системы «АБАП+люминол+плазма крови», характеризующих редокс-состояние крови, после облучения крови разных организмов рентгеновским излучением в широком диапазоне доз подтвердили высокую радиочувствительность ткани (крови) мышей линии BALB/c в сравнении с крысами Wistar. В то же время полученные данные не только характеризуют различие чувствительности крови крыс Wistar разного возраста к рентгеновскому излучению, но и указывают на сложный характер изменения редокс-свойств крови крыс после её облучения рентгеновским излучением, вероятно, определяемый сложными механизмами регуляции функциональной активности и гибели форменных элементов крови.

Библиографический список

1. Сафонова, В.Ю. Некоторые показатели радиочувствительности организма и их коррекция / В.Ю. Сафонова // Вестник ОГУ. – 2008. – № 6, (88). – С. 112-117.
2. Гайдай, Е.А. Генетическое разнообразие экспериментальных мышей и крыс: история возникновения, способы получения и контроля / Е.А. Гайдай, Д.С. Гайдай // Лабораторные животные для научных исследований. – 2019. – № 4.
3. Влияние радиации на выживаемость и нейрорхимические корреляты крыс/ Д. Натадзе [и др.] // Экспериментальная и клиническая медицина Грузия. – 2021. – № 5-6. – С.32-34.
4. Сравнение трех инбредных линий мышей по общей и генетической радиочувствительности / А.М. Малашенко [и др.] // Генетика. – 2003. – Том 39. – № 9. – С. 1247-1252.
5. Ponnaiya, B. Radiation-induced chromosomal instability in BALB/c and C57BL/6 mice: the difference is as clear as black and white / B. Ponnaiya, M.N. Cornforth, R.L. Ullrich // Radiat. Res. – 1997. – Vol. 147, Iss. 2. – P. 121-125.
6. A deficiency in DNA repair and DNA-PKcs expression in the radiosensitive BALB/c mouse / R. Okayasu [et al.] // Cancer Res. – 2000. – Vol. 60, Iss. 16. – P. 4342-4345.
7. Изменения в кинетике хемилюминесценции плазмы как мера системного окислительного стресса в организме человека / М. М. Созарукова [и др.] // Биофизика. – 2016. – Т. 61, № 2. – С. 337-344.
8. Dose-dependent decrease in anti-oxidant capacity of whole blood after irradiation: A novel poten-

tial marker for biodosimetry / L. Sun [et al.] // Scientific Reports. – 2018. – Vol. 8. – P. 7425.

9. *In Vitro* Radiosensitivity of Murine Marrow Stromal Cells Varies Across Donor Strains / A.R. Sweeney-Ambros, A.N. Nappi, M.E. Oest // Ra-

diat. Res. – 2021. – Vol. 195, Iss. 6. – P. 590-595.

10. A concept of radiation hormesis: stimulation of antioxidant machinery in rats by low dose ionizing radiation / S. Sharma [et al.] // Hell J Nucl Med. – 2019. – Vol. 22, Iss. 1. – P. 43-48.

O.V. Shakhovskaya, M.N. Starodubtseva, A.A. Miadzvedzveva

CHARACTERISTICS OF RADIOSENSITIVITY OF ORGANISMS USING PARAMETERS OF REDOX PROPERTIES OF BLOOD PLASMA

The dependences of the parameters of the kinetic curve of chemiluminescence of the ABAP+luminol system in the presence of blood plasma after irradiation of whole blood of Wistar rats (10 and 16 months) and mice (4 months) of the BALB/c line with *in vitro* X-ray radiation at a dose of 0,5-200 Gy were analyzed. The differences in the nature of the dependences of the studied parameters associated with the redox properties of blood plasma on the type of organism and its age are established. The results of the analysis of the data obtained indicate a higher radiosensitivity of mouse blood compared to rat blood, which can serve as confirmation of the radiosensitivity of the BALB/c mouse line.

Key words: *radiosensitivity, X-ray radiation, mice, rats, redox properties, blood plasma, chemiluminescence*

Поступила 01.03.23