

УДК 537.58:53.047

DOI: 10.52531/1682-1696-2022-22-1-22-30

Научная статья

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ОКРЕСТНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ВОДО-ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

С.И. Заичкина¹, А.Р. Дюкина¹,
М.М. Поцелуева¹,
С.С. Сорокина¹,
Д.П. Ларюшкин¹,
М.С. Панчелюга¹,
В.А. Панчелюга¹,
Д.С. Баранов^{2,3},
В.Н. Зателепин²

¹ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

²Лаборатория ИНЛИС,

³Объединенный институт высоких температур РАН

Представлены результаты исследований биологических эффектов в окрестности высоковольтного электрического разряда в водо-воздушной среде, который является генератором т.н. «странного излучения» (СИ). В основу представленного в настоящей статье эксперимента была положена идея о том, что водяной пар может переносить частицы СИ. Это позволило создать условия, в которых экспериментальная и контрольные группы животных (самцы мышей линии SHK) подвергались действию одних и тех же излучений за исключением СИ. Выполнены исследования цитогенетических повреждений в костном мозге, продукции АФК и состава цельной крови, клеточности лимфоидных органов. Полученные результаты позволяют говорить о повреждающем действии СИ. Обнаруженный перекрестный адаптивный ответ дает возможность соотнести действие СИ с повреждающим действием известных агентов.

Ключевые слова: странное излучение, рентгеновское излучение, микроядерный тест, адаптивный ответ, АФК, лимфоидные органы, состав крови, мыши.

ВВЕДЕНИЕ

Последние десятилетия знаменуются активным развитием экспериментальных исследований низкоэнергетических ядерных реакций (LENR). Характер-

© 2021, С.И. Заичкина, А.Р. Дюкина, М.М. Поцелуева, С.С. Сорокина, Д.П. Ларюшкин, М.С. Панчелюга, В.А. Панчелюга, Д.С. Баранов, В.Н. Зателепин

Поступила в редакцию 12.10.2021

Original article

BIOLOGICAL EFFECTS IN THE VICINITY OF A HIGH-VOLTAGE ELECTRIC DISCHARGE IN A WATER-AIR ENVIRONMENT

S.I. ZAICHKINA¹, A.R. DYUKINA¹,
M.M. POTSELUEVA¹, S.S. SOROKINA¹,
D.P. LARYUSHKIN¹, M.S. PANCHELYUGA¹,
V.A. PANCHELYUGA¹, D.S. BARANOV^{2,3},
V.N. ZATELEPIN²

¹INSTITUTE OF THEORETICAL AND
EXPERIMENTAL BIOPHYSICS RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCES,

²LABORATORY INLIS

³JOINT INSTITUTE OF HIGH TEMPERATURE
OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

The paper presents results of studies of biological effects in the vicinity of a high-voltage electric discharge in an air-water environment, which is a generator of the so-called "Strange radiation" (SR). The experiment presented in this article was based on the idea that water vapor can transport SR particles. This made it possible to create conditions in which the experimental and control groups of animals (male SHK mice) were exposed to the same levels of radiations with the exception of SR. Studies of the levels of cytogenetic damage in the bone marrow, ROS production and composition of whole blood, and cellularity of lymphoid organs were carried out. Results of the study lead to supposition about the damaging effect of SR. Revealed cross-adaptive response makes it possible to connect the effect of SI with the damaging effect of known agents.

KEY WORDS: dark hydrogen, strange radiation, X-rays, biological activity, micronucleus test, adaptive response, ROS, lymphoid organs, blood composition, mice.

ная феноменология таких реакций обычно включает избыточное энерговыделение, изотопные изменения продуктов реакции, отсутствие ионизирующих излучений, а также некоторое, пока не идентифицированное, излучение, впервые описанное в работе [13], где оно было названо «странное излучение». Несмотря на то, что этот термин можно считать общепринятым, в настоящее время существует не менее полтора десят-

ка названий, которыми различные авторы обозначают этот феномен, выделяя при этом или некоторую его экспериментальную особенность, или предпочтительную теоретическую модель. В настоящей работе мы отталкиваемся от модели «темного водорода», представленной в [17, 2], но, говоря об исследуемом излучении, используем термин «странное излучение» в силу его общепринятости.

Большинство исследований СИ касаются, в первую очередь, его физических свойств. Тем не менее уже в 2006 г. выходит работа [19], посвященная исследованию его биологического действия. Дальнейшее развитие эта тема получает в публикации [20] тех же авторов и недавней работе [12]. В работах [19–20, 12] объектом исследований являются мыши линии C57Bl/6. Исследования на млекопитающих описываются также в [15, 14]. В работе [18] исследуется действие странного излучения на бактериальные культуры.

Общей проблемой, оставшейся непреодоленной в работах [19–20, 12, 14–15, 18], является отсутствие адекватных контролей, т.е. условий при которых сохраняется весь спектр действующих факторов, но при этом отсутствует «странное излучение». Исследуемые биологические тест-системы, кроме действия «странного излучения», подвергаются также воздействию широкого спектра мощных электромагнитных излучений, которые, в случае высокоэнергетических электрических разрядов [19–20, 12], зачастую сопровождаются также интенсивным оптическим и акустическим излучениями. Известно, что такого рода воздействия, помимо «странного излучения», оказывают заметное влияние на организм лабораторных животных. При этом, контрольная группа животных, как правило, находится на удалении и не подвергается, в полной мере, действию упомянутых факторов. Т.е., при подобной постановке эксперимента мы, в действительности, не можем отделить действие электромагнитного, оптического, акустического излучений от искомого действия «странного излучения».

Поэтому, первоочередной задачей настоящей работы являлось создание экспериментальной системы, позволяющей разделить действие СИ и сопутствующих электромагнитных излучений. Для этого нами в качестве генератора СИ использовался высоковольтный разряд в водо-воздушной смеси, и идея [10], о том, что водяной пар может связывать частицы СИ и, за счет этого, транспортировать их по паропроводам. Это позволило создать условия, при которых экспериментальные животные подвергаются одинаковому действию остаточных электромагнитных излучений и, при этом, находятся в атмосфере пара, получаемого от идентичных парогенераторов, но при этом, пар, поступающий в экспериментальный бокс, «заряжен» частицами СИ, в то время как в контрольный бокс подается «незаряженный» пар напрямую от парогенератора. Более детальное описание экспериментальной установки приведено в следующем разделе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Блок-схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Ее основным узлом является разрядная камера (РК), на электроды которой подается напряжение HV (+) и HV (-) от источника высоковольтного напряжения (0...30кВ/0.2мА/200мДж). Т.к., высоковольтный разряд является источником широкого спектра электромагнитных излучений, которые, как это показано в многочисленных публикациях (см., например, обзоры [3–4]), могут оказывать воздействие на экспериментальных животных, то РК помещена в стальной экран, который тщательно заземлен, что уменьшает интенсивность электромагнитной компоненты за пределами РК. Тем не менее, опыт показывает, что экранирование не всегда позволяет избавиться от электромагнитного излучения за пределами экранированного объема. Поэтому геометрия эксперимента выбрана таким образом, чтобы все группы экспериментальных животных находились в равноценном положении по отношению к возможному остаточному электромагнитному излучению за пределами РК.

Пар из разрядной камеры переносит частицы СИ в бокс для экспериментальных животных. В бокс для контроля также поступает пар, но от отдельного парогенератора. «Экспериментальный» и «контрольный» парогенераторы являются идентичными.

Движение пара из разрядной камеры в бокс с экспериментальными животными, а также от отдельного парогенератора в бокс с контрольной группой мышей осуществляется, с одной стороны, за счет системы надува, входящей в конструкцию парогенераторов, а, с другой стороны, за счет специальной вытяжной системы, которая транспортирует пар с экспериментального и контрольного боксов через водяной фильтр за пределы лабораторного помещения. При этом пар, через выходные отверстия экспериментального и контрольного боксов, поступает по паропроводам в смеситель, а затем, через общий паропровод, в водяной фильтр вытяжной системы, которая расположена снаружи лабораторного помещения, рис. 1.

Сила тяги вытяжной системы подбирается минимально достаточной, для того чтобы пар из экспериментального бокса через смеситель не попадал в контрольный бокс и наоборот. Перед началом каждого сеанса воздействия СИ на экспериментальных животных, это условие тщательно проверяется. Кроме транспортировки пара в экспериментальной системе, вытяжная система за счет создаваемого ею «отрицательного» (по сравнению с атмосферным) давления препятствует попаданию пара из экспериментальной системы в атмосферу лабораторного помещения, что является необходимым условием безопасности, при проведении экспериментов. Этим же целям служит герметичное исполнение всех узлов установки, контактирующих с паром, а также применение специаль-

ных герметизирующих прокладок в крышке разрядной камеры и в откидных крышках экспериментального и контрольного боксов. Непрерывный поток воздуха через экспериментальный и контрольный боксы необходим также для обеспечения нормального дыхания экспериментальных животных.

Сеанс воздействия СИ в настоящем исследовании имел продолжительность 40 мин. Перед началом сеанса, рядом с разрядной камерой помещалась клетка с экспериментальными животными, которая на рис. 1 помечена как «Контроль комната». Также в эксперименте принимает участие четвертая группа животных, находящаяся в помещении вивария (отдельное здание, расположенное от места проведения эксперимента на расстоянии, примерно, 200 м) и показанная на рис. 1, как «Контроль виварий». Проведенные эксперименты и полученные при этом результаты описаны в последующих разделах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СТРАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ранее нами было проведено исследование такого феномена действия малых доз радиации как адаптивный ответ (АО) на мышах *in vivo*. Данное явление заключается в том, что предварительное облучение объекта в малых адаптирующих дозах приводит к снижению чувствительности к последующему выявляющему воздействию больших доз радиации. К настоящему моменту условия, т.е. параметры излучения, необходимые для индукции радиационного адаптивного ответа исследованы детально на культурах клеток, растениях, бактериях и животных по различным критериям. В частности, нами при изучении динамики формирования радиационного АО на мышах *in vivo* было показано, что малые дозы ионизирующей радиации до 0.2 Гр переводят организм в новое устойчивое состояние, которое отличается повышенной стабильностью генома и сохраняется практически до конца жизни животного [1]. Длительность сохранения эффекта напоминает иммунную форму реакции организма, что может говорить о появлении ново-

го фенотипа. Была предложена стандартная схема для индукции радиационного адаптивного ответа (0.1 Гр + через сутки 1.5 Гр), которая применяется для обнаружения малых повреждений у мышей, не выявляемых обычными методами при поиске адаптогенов физической и химической природы, способных, как и малые дозы ионизирующей радиации, переводить организм в адаптированное состояние [8].

Явление, когда адаптирующее и выявляющее воздействия являются факторами разной природы, называется кросс-адаптацией или перекрестным адаптивным ответом. Мы выбрали этот метод индукции перекрестного адаптивного ответа для обнаружения эффектов действия СИ с помощью дополнительного облучения мышей рентгеновским излучением в дозе 1.5 Гр.

Микроядерный тест был выбран нами, поскольку обладает высокой разрешающей способностью, что делает его незаменимым при оценке мутагенного действия малых доз различных агентов. Этот метод удобный, быстрый и дешевый по сравнению с традиционным методом хромосомного анализа. Микроядра, как известно, образуются в клетке из ацентрических фрагментов хромосом и отставших целых хромосом, не вошедших в дочерние ядра во время клеточного деления.

Одновременно с измерением цитогенетических повреждений в костном мозге мышей измеряли относительную массу тимуса и селезенки. Тимус и селезенка наряду с костным мозгом являются кроветворными органами с активно пролиферирующей тканью, которые быстро реагируют на стрессовые воздействия.

Разрывы ДНК при действии радиации образуются, главным образом, за счет прямой атаки ДНК и вследствие реакции свободных радикалов с молекулой ДНК [16]. АФК представляют особый интерес, т.к. первыми появляются в цепи реакций клеточного метаболизма [6]. Основным источником АФК в организме человека служат фагоциты, т.е. гранулоциты и моноциты крови, а также тканевые макрофаги. Образование АФК в клетках может изучаться путем регистрации хемилюминесценции в присутствии люминола или люцигенина [5]. Хемилюминесценция – это процесс, требующий запаса больших порций энергии в продуктах химической реакции, достаточных для перевода молекулы в возбужденное состояние. Поэтому реакции, сопровождающиеся свечением, требуют, как правило, участия свободных радикалов и наличие O₂ в системе [6]. Показано, что основные типы повреждений, возникающие при действии АФК – это повреждения оснований и однонитевые разрывы ДНК [24]. АФК могут повреждать белки, липиды мембран, ДНК и митохондрии, индуцируя различные сигнальные процессы. Ионизирующая радиация также приводит к образованию АФК, но, как показывают расчеты, даже при дозах порядка нескольких Гр выход их соизмеримо мал по сравнению с физиологическим уровнем [23]. Резкое увеличение АФК через несколько

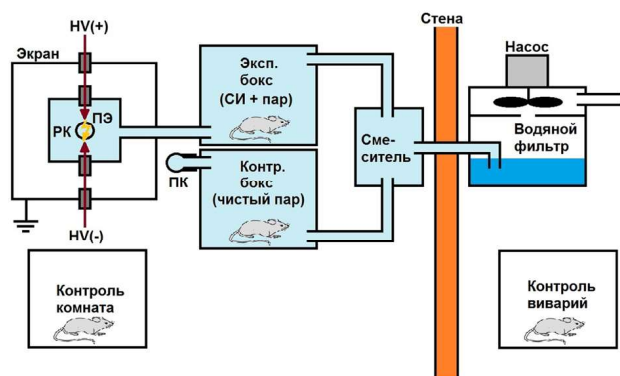


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки

минут после облучения в малых дозах, когда прямые радиационные повреждения ДНК весьма незначительны, и главные репарационные пути еще не запущены, может вызвать индукцию хроматидных повреждений, которые регистрируются в первом митозе [11] и, соответственно, в микроядрах во втором. Ионизирующее излучение оказывает цитотоксическое действие на организм в целом и на функциональную активность определенных органов и макромолекул. Изменяется формула крови, увеличивается численность лейкоцитов и их способность продуцировать АФК, снижается количество антиоксидантных ферментов в плазме.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ

В экспериментах использовали двухмесячных самцов белых беспородных мышей линии SHK весом 25–30 г, которые содержались в стандартных условиях вивария ИТЭБ РАН. Все манипуляции проводили согласно нормативно-правовым актам о порядке экспериментальной работы с использованием животных [21]. На каждую экспериментальную точку использовали 5 мышей. Животных облучали СИ в пару по 40 минут в день в течение 1, 2 и 6 дней, параллельно были взяты контроли пара без излучения и контроль комнаты, в которой находилась работающая установка. Одновременно другую группу мышей облучали в дозе 0.1 Гр рентгеновского излучения и через сутки все группы облучали выявляющей дозой 1.5 Гр рентгеновского излучения. Рентгеновское облучение осуществлялось на установке РУТ (ИБК РАН) при напряжении 200 киловольт. Через 28 ч после облучения выявляющей дозой мышей выводили из эксперимента методом декапитации и готовили цитологические препараты костного мозга. Цитогенетическое повреждение оценивали путем подсчета количества полихроматофильных эритроцитов (ПХЭ) с микроядрами (МЯ) [22]. На каждом препарате анализировали не менее 2000 ПХЭ. При статистической обработке вычисляли стандартную ошибку среднего, а достоверность различий между группами оценивали по критерию Стьюдента.

Индекс массы тимуса и селезенки рассчитывали по отношению абсолютного веса органа к весу животного в группе [9]. Уровень продукции АФК в цельной крови при спонтанной хемилюминесцентной реакции измеряли методом люминол-зависимой хемилюминесценции (ХЛ) с помощью 12-канального прибора Chemilum-12, как описано ранее [7]. Образцы крови разводили в пропорции 1:1 (по объему) раствором Хенкса без добавления Ca^{2+} и хранили при $4^{\circ}C$ в течение 1 ч до измерения ХЛ. Сигнал ХЛ регистрировали при $37^{\circ}C$ последовательно в 12 мини-ячейках ($V=200 \mu l$) в течение 4 мин, период обновления данных на приборе составлял 2.5 с. Концентрация люминола была 0.35 мМ. Готовили 2 пробы крови от каждого животного. Измерение ХЛ в крови контрольных и облученных мышей проводили параллельно.

Для определения действия СИ на состав крови были исследованы следующие элементы с помощью прибора Beckman Coulter: лейкоциты и гранулоциты, лимфоциты, моноциты, гемоглобин, эритроциты, тромбоциты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены данные по измерению количества ПХЭ с МЯ в клетках костного мозга мышей, облученных СИ в течение 1, 2 и 6 дней и дополнительно дозой 1.5 Гр рентгеновского излучения.

Из таблицы видно, что в группах с воздействием пара с СИ и без него и контроля комнаты не изменяется уровень спонтанных повреждений и равняется естественному фону. Облучение животных в дозе 1.5 Гр рентгеновского излучения приводит к увеличению цитогенетических повреждений. Облучение СИ с паром в течение 40 мин (1 день) приводит к уменьшению цитогенетических повреждений, т.е. индуцируется АО, как в положительном контроле при облучении мышей адаптирующей дозой 0.1 Гр и выявляющей 1.5 Гр. Не предоблученные контроли при дополнительном облучении в дозе 1.5 Гр не индуцируют адаптивный ответ. При облучении животных в течение 80 мин (2 дня) и дополнительно облученных в дозе 1.5 Гр в вариантах «фон пара» и «фон комнаты» наблюдалось снижение цитогенетических повреждений, т.е. индуцировался перекрестный адаптивный ответ как в группе радиационного положительного контроля (0.1 Гр + 1.5 Гр). Облучение мышей СИ с паром в течение 80 мин (2 дня) не индуцирует АО. В тоже время контроли пара и комнаты уменьшают количество повреждений при дополнительном облучении в дозе 1.5 Гр, обнаруживая адаптивный ответ. Облучение мышей в течение 240 мин (6 дней) при дополнительном облучении в дозе 1.5 Гр не индуцирует АО во всех вариантах, в отличие от положительного контроля.

Поскольку ранее нами был обнаружен интервал доз для индукции радиационного адаптивного ответа (0.05–0.4 Гр) рентгеновским излучением, можно было предположить, что индукция адаптивного ответа при облучении СИ в течение 40 мин по дозе приблизительно попадает в этот интервал, а 80 и 240 мин, которые не индуцируют АО, находятся вне этого интервала. Фоны комнаты и пара при облучении мышей в течение 40 мин не изменяли уровень повреждений при дополнительном облучении в дозе 1.5 Гр. Вероятно, еще не набиралась доза, попадающая в интервал доз, необходимый для индукции адаптивного ответа. В то время как фоны комнаты и пара при облучении в течение 80 мин, вероятно, по дозе попали в защитный интервал и индуцировали АО, соответствующий радиационному АО (0.1 Гр + 1.5 Гр). При облучении СИ в течении 240 мин все варианты обработки не индуцировали адаптивный ответ. При этом фоновые значения повреждений без воздействия 1.5 Гр не превышали естественного фона.

ТАБЛИЦА. 1.

Количество ПХЭ с МЯ в клетках костного мозга мышей, облученных СИ в течение 1, 2 и 6 дней и затем дополнительно дозой 1.5 Гр X-лучей

Условия облучения	Число мышей	Число анализ. ПХЭ	Число ПХЭ с МЯ	ПХЭ с МЯ, %
Облучение 1 день в течение 40 мин				
Фон пара + 1.5 Гр	5	10 000	634	6.34±0.23
СИ с паром + 1.5 Гр	5	10 000	392	3.92±0.17*
Фон комнаты + 1.5 Гр	5	10 000	828	8.28±0.41
0.1 Гр + 1.5 Гр	5	10 000	401	4.00 ±0.19*
1.5 Гр	5	10 000	741	7.41±0.28
Облучение 2 дня в течение 2x40 мин				
0	5	10 000	42	0.42±0.03
Фон пара + 1.5 Гр	5	10 000	388	3.88±0.16 *
СИ с паром + 1.5 Гр	5	10 000	784	7.04±0.36
Фон комнаты + 1.5 Гр	5	10 000	558	5.58±0.24 *
0.1 Гр + 1.5 Гр	5	10 000	523	5.23±0.22 *
1.5 Гр	5	10 000	783	7.83±0.41
Облучение 6 дней в течение 6x40 мин				
0	5	15 000	55	0.36 ±0.09
Фон комнаты	5	15 000	83	0.55 ±0.11
Фон СИ с паром	5	15 000	78	0.52±0.07
Фон пара	5	15 000	62	0.41 ±0.03
Фон комнаты + 1.5 Гр	5	15 000	765	5.1 ±0.16
СИ с паром + 1.5 Гр	5	15 000	931	6.2±0.33
Фон пара + 1.5 Гр	5	15 000	870	5.8±0.21
0.1 Гр + 1.5 Гр	5	15 000	678	4.52±0.24 *
1.5 Гр	5	15 000	948	6.32 ±0.18

*р < 0.05 по сравнению с группой животных, облученных в дозе 1.5 Гр

На рис. 2 представлены индексы массы лимфоидных органов мышей, обработанных СИ в течение 1, 2 и 6 дней и дополнительно дозой 1.5 Гр рентгеновского излучения. Из рис. 4 видно, что индекс массы тимуса и селезенки мышей, обработанных всеми вариантами излучения, практически не отличается от такового значения у необлученных, контрольных животных. При облучении мышей рентгеновским излучением в дозе 1.5 Гр индекс массы тимуса значимо снижается, а при предоблучении рентгеновским излучением в дозе 0.1 Гр и СИ в течение 40 и 80 мин и последующим дооблучением в дозе 1.5 Гр индекс массы тимуса восстанавливался практически до контроля, т.е. индуцировался АО. При облучении животных в течение 240 мин и последующим дооблучением в дозе 1.5 Гр, в группах фонов пара и комнаты наблюдалось восстановление индекса массы тимуса, а при облучении самим СИ восстановление не наблюдалось. В то же время предобработка животных всеми вариантами излучения СИ и последующим облучением в дозе 1.5 Гр, как и в положительном контроле, снижала массу селезенки.

Данные по оценке уровня продукции АФК нейтрофилами в цельной крови мышей представлены на

рис. 3. Измеряли величину спонтанной люминол-зависимой хемилуминесценции нейтрофилов, которая характеризует базальный уровень активации этих клеток.

Из рис. 3 видно, что при облучении мышей только в дозе 1.5 Гр наблюдается значительное повышение уровня продукции АФК, по сравнению со спонтанным уровнем.

Уровень продукции АФК при всех вариантах облучения животных СИ в течение 40 и 80 мин (1 и 2 дня) и последующим облучением в дозе 1.5 Гр был повышен, как и в группе животных, облученных только в дозе 1.5 Гр. Обработка животных всеми вариантами излучения СИ в течение 240 мин, также как и рентгеновское излучение в дозе 0.1 Гр снижает уровень продукции АФК в крови мышей после дополнительного воздействия в дозе 1.5 Гр. Обработка животных СИ с паром приводила к значительному увеличению уровня продукции АФК, даже выше значения в группе облученных только в дозе 1.5 Гр.

Можно предположить некоторую связь между увеличением уровня продукции АФК и индукцией АО у групп фонов комнаты и пара (80 мин) и отсутствию АО при облучении самим СИ.

Из рис. 6 видно, что дополнительное облучение рентгеновским излучением всех групп в дозе 1.5 Гр приводило к снижению изученных параметров клеточного состава крови. Однако параметры эритроцитов, гемоглобина и тромбоцитов не реагировали на дополнительное облучение в дозе 1.5 Гр. При этом фоны комнаты и СИ приводили к росту уровня тромбоцитов по сравнению с контролем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При исследовании биологического действия СИ на мышцах *in vivo* с помощью теста «адаптивный ответ» с помощью различных методов было обнаружено: изменение уровней цитогенетических повреждений в костном мозге и лимфоидных органах, а также клеточного состава и продукции АФК цельной крови, что позволяет предположить наличие повреждающего воздействия СИ, и возможность дальнейшего использования этого теста для исследования СИ.

Результаты обнаружения перекрестного АО с помощью теста радиационного АО позволяют соотнести действие СИ с повреждающим действием известных агентов, например, рентгеновского излучения.

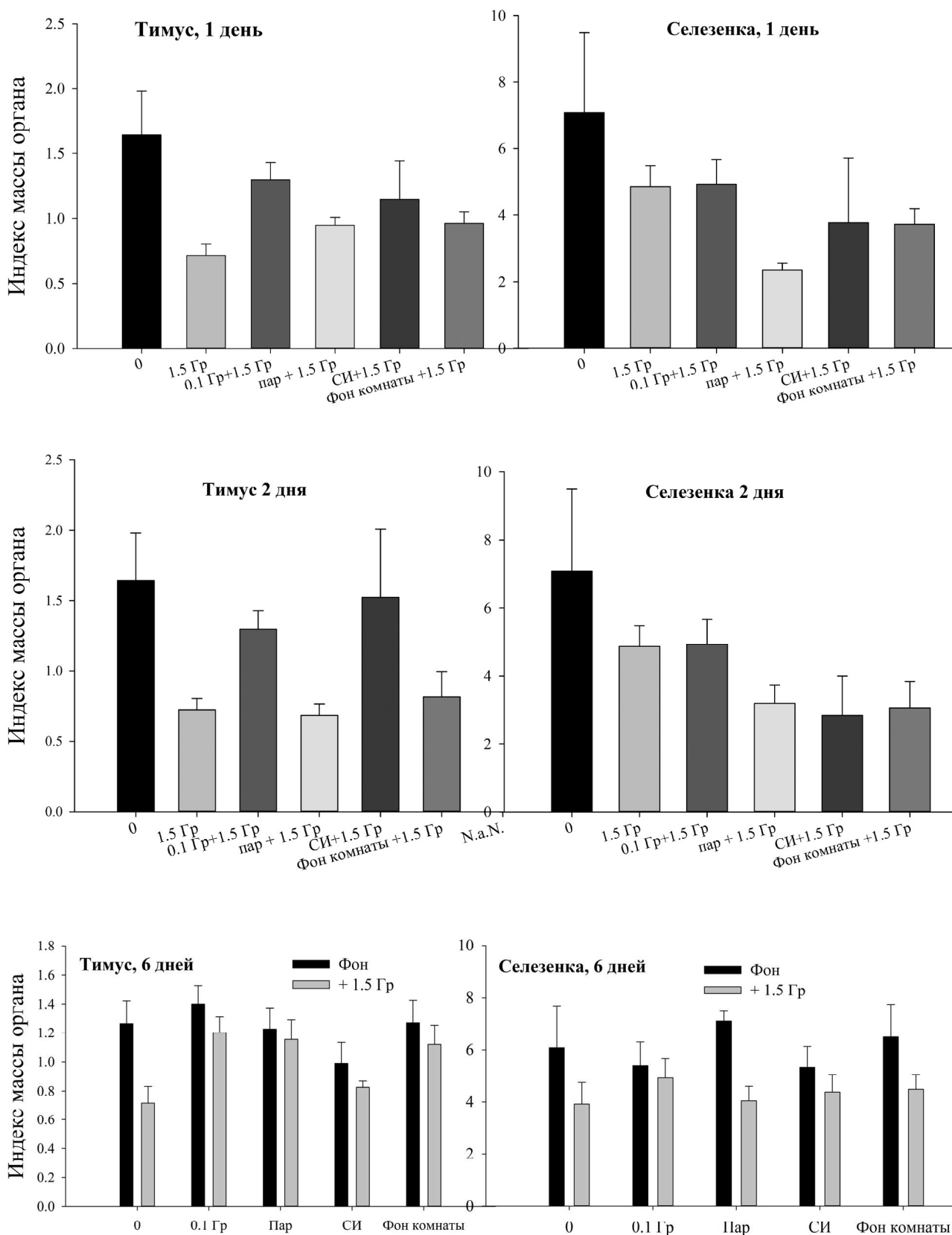


РИС. 2.

Зависимости массы тимусов и селезенки у мышей, облученных СИ (1, 2 и 6 дней) или рентгеновским излучением в дозе 0.1 Гр и выявляющей дозой 1.5 Гр.

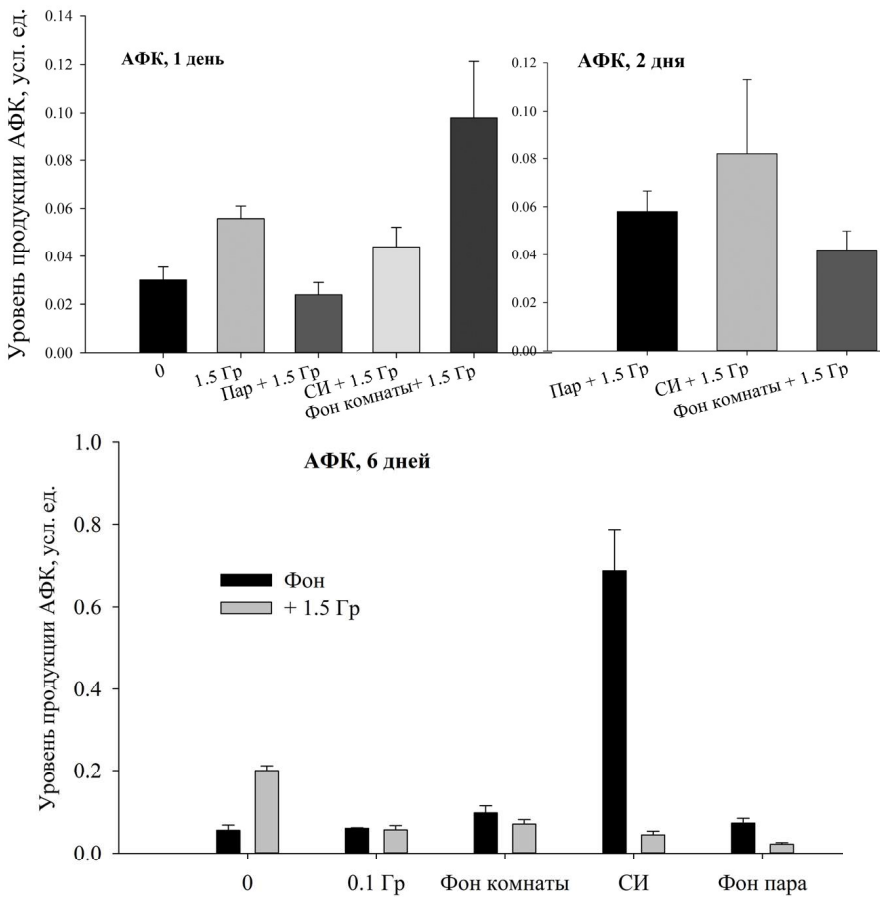


РИС. 3.

Уровень продукции АФК в клетках крови мышей, облученных СИ (1, 2 и 6 дней) или 0.1 Гр рентгеновского излучения и затем выявляющей дозой 1.5 Гр.

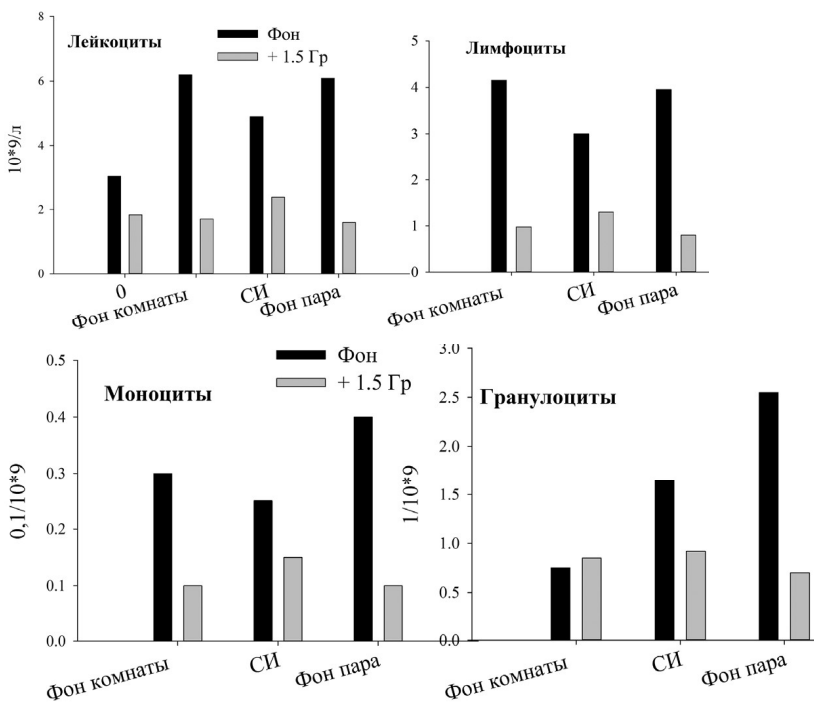


РИС. 4.

Состав крови мышей, облученных СИ (6 дней) и выявляющей дозой 1.5 Гр рентгеновского излучения

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакин В.Е., Заичкина С.И., Розанова О.М., Клоков Д.Ю., Аптикаева Г.Ф. и др. Малые дозы ионизирующего излучения подавляют рост спонтанного уровня цитогенетических повреждений, обусловленный старением организма. Эффект стабилизации генома. Доклады Академии наук, 2000. № 374. Ч. 2. 271 с.
2. Баранов Д.С., Зателепин В.Н. Автоколебательный нагрев никель-водородного реактора. Материалы 25-й Российской конференции по холодной трансмутации ядер химических элементов и шаровой молнии, М., 2019. С. 239–256.
3. Белова Н.А., Панчелюга В.А. Модель В.В. Леднева: теория и эксперимент. Биофизика, 2010. №55. Т. 4. С. 750–766.
4. Бинги В.Н. Принципы электромагнитной биофизики. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 592 с.
5. Владимиров Ю.А., Потапенко А.Я. Физико-химические основы фотобиологических процессов: учеб. Пособие для мед. и биол. спец. вузов. М.: Высш. школа, 1989. 199 с.
6. Владимиров Ю.М., Шерстнев М.П. Итоги науки и техники. Серия биофизики. М., 1989. Т. 24. С. 175.
7. Дюкина А.Р., Заичкина С.И., Розанова О.М., Романченко С.П., Мальцева В.Н., Аптикаева Г.Ф. Влияние инфракрасного и рентгеновского излучений на продукцию активных форм кислорода и индукцию цитогенетических повреждений в костном мозге мышей in vivo. Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. № 51. Ч. 5. С. 536–541.

8. ДЮКИНА А.Р., ЗАЙЧКИНА С.И., ЮСУПОВ В.И., РОЗАНОВА О.М., СОРОКИНА С.С. и др. Активация естественной защиты мышей при облучении низкоинтенсивным фемтосекундным лазером. Сборник научных трудов VI съезда биофизиков России, 2019. С. 26–27.
9. ЗАЙЧКИНА С.И., ДЮКИНА А.Р., РОЗАНОВА О.М., РОМАНЧЕНКО С.П., СИРОТА Н.П. и др. Сочетанное действие низкоинтенсивного гелий-неонового лазерного и рентгеновского излучений на клеточные реакции цельной крови и лимфоидных органов у мышей *in vivo*. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 2016. № 161. Ч. 5. С. 621–624.
10. ЛОШАК Ж., РУХАДЗЕ А.А., УРУЦКОВЕВ А.И., ФИЛИППОВ Д.В. О возможном физическом механизме Чернобыльской аварии и несостоятельности официального заключения. Физическая мысль России, 2003. № 2. С. 9–20.
11. НАСОНОВА Е.А., ШМАКОВА Н.Л., КОМОВА О.В., МЕЛЬНИКОВА Л.А., ФАДЕЕВА Т.А., КРАСВИН Е.А. Цитогенетические эффекты малых доз ионизирующей радиации с различной ЛПЭ в лимфоцитах периферической крови человека и возможные механизмы их реализации. Радиационная биология. Радиоэкология, 2006. № 46. Ч. 4. С. 457–460.
12. ПРЯХИН Е.А., УРУЦКОВЕВ А.И., СТЯЖКИНА Е.В., ТРЯПИЦЫНА Г.А., АЛДИБЕКОВА А.Е. и др. Биологическое детектирование физических факторов, связанных с сильноточным электровзрывом проводников в вакууме. Известия РАН. Серия физическая, 2020. № 84. Ч. 11. С. 1560–1568.
13. УРУЦКОВЕВ А.И., ЛИКСОНОВ В.И., ЦИНОЕВ В.Г. Экспериментальное обнаружение "странного" излучения и трансформация химических элементов. Прикладная физика, 2000. Ч. 4. С. 83–100.
14. ШИШКИН А.А. О характеристиках МагнетоТороЭлектрических Излучений (МТЭИ) и их биологическое воздействие на человека «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ. 25150, 04.02.2019.
15. ШИШКИН А.А., ТАТУР В.Ю. Оценка воздействия странного излучения на биологические объекты. ЖФНН, 2019. № 23–24. Т. 7. С. 139–141.
16. ЯКОВЛЕВА М.Н., СИНЕЛЬЩИКОВА Т.А., ПЕРМИНОВ И.Н., ЗАСУХИНА Г.Д. Роль супероксиддисмутазы в поддержании клеточного гомеостаза при воздействии γ -излучения и сульфата никеля. Радиационная биология. Радиоэкология, 2002. № 42. Ч. 3. С. 299–301.
17. BARANOV D.S., ZATELEPIN V.N. The synthesis of dark hydrogen (neutron-like particles) in a hydrogen reactor. Int. conf. "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration", Beijing, PRC. 2019. P. 166–174.
18. IVOILOV N.G., POZDDEV O.K., ZAKIROV T.R., KIPENSKAYA L.V., STREBKOV O.A. ET. AL. Study of magnetic and gamma radiation influence on bacterial cultures' vital activity. Annales de la Fondation Louis de Broglie, 2012. №37. P. 15–32.
19. PRYAKHIN E.A., TRYAPITSINA G.A., URUTSKOYEV L.I., AKLEYEV A.V. Assessment of the biological effects of 'strange' radiation. Annales de la Fondation Louis de Broglie, 2006. №31. V. 4. P. 463–472.
20. PRYAKHIN E.A., URUTSKOYEV L.I., TRYAPITSINA G.A., AKLEYEV A.V. Biological effects of factors associated with explosions of titanium foil in condensed media. Annales de la Fondation Louis de Broglie, 2008. №33, V. 1–2. P. 139–155.
21. Rus-LASA Directive 2010/63/eu (St. Petersburg, 2012).
22. SCHMID W. The micronucleus test. Mutat. Res., 1975, N31, 1. P. 9–15.
23. WARD J.F. DNA Damage as the Cause of Ionizing Radiation-Induced Gene Activation. Radiation Research, 1994. 138(1s). P. 85–88.
24. WISEMAN H., HALLIWELL B. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer. Biochem J, 1996. 313(1). P. 17–29.

REFERENCES

BALAKIN V.E., ZAICHKINA S.I., ROZANOVA O.M., KLOKOV D.YU., ARTIKAYEVA G.F., AKHMADIYEVA A.KH., SMIRNOVA E.N. Small doses of ionizing radiation suppress the growth of the spontaneous level of cytogenetic damage caused by the aging of the organism. Genome stabilization effect. Doklady Akademii nauk. 2000.374(2):271 (In Russian).

BARANOV D.S., ZATELEPIN V.N. Self-Oscillating Heating of a Nickel-Hydrogen Reactor. Materialy 25-y Rossiyskoy konferentsii po kholodnoy transmutsatsii yader khimicheskikh elementov i sharovoy molnii. Moscow. 2019:239–256 (In Russian).

BELOVA N.A., PANCHELYUGA V.A. Lednev's Model: Theory and Experiment. Biophysics. 2010;55(4):661–674. (In Russian).

BINGI V.N. Principles of electromagnetic biophysics. Moscow: FIZMATLIT; 2011. (In Russian)

VLADIMIROV YU.A., POTAPENKO A.YA. Physico-chemical foundations of photobiological processes: textbook. Tutorial for med. and biol. specialist. Universities. Moscow: Vyssh. shkola; 1989. (In Russian).

VLADIMIROV YU.M., SHERSTNEV M.P. Results of Science and Technology. Biophysics Series. Moscow: 1989:175. (In Russian).

DYUKINA A.R., ZAICHKINA S.I., ROZANOVA O.M., ROMANCHENKO S.P., MAL'TSEVA V.N., ARTIKAYEVA G.F. Influence of infrared and X-ray radiation on the production of reactive oxygen species and the induction of cytogenetic damage in the bone marrow of mice *in vivo*. Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. 2011;51(5):536–541. (In Russian).

DYUKINA A.R., ZAICHKINA S.I., YUSUPOV V.I., ROZANOVA O.M., SOROKINA S.S., ET. AL. Activation of natural protection in mice under irradiation with a low-intensity femtosecond laser. Sbornik nauchnykh trudov VI s'yezda biofizikov

Rossii. 2019;26–27 (In Russian).

ZAICHKINA S.I., DYUKINA A.R., ROZANOVA O.M., ROMANCHENKO S.P., SIROTA N.P. ET. AL. Combined effect of low-intensity helium-neon laser and X-ray radiation on cellular responses of whole blood and lymphoid organs in mice in vivo. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny*. 2016;161(5):621–624. (In Russian).

LOSHAK Z.H., RUKHADZE A.A., URUTSKOYEV L.I., FILIPPOV D.V. On the possible physical mechanism of the Chernobyl accident and the inconsistency of the official conclusion. *Fizicheskaya mysl' Rossii*. 2003;(2):9–20. (In Russian).

NASONOVA E.A., SHMAKOVA N.L., KOMOVA O.V., MEL'NIKOVA L.A., FADEYEVA T.A., KRASAVIN E.A. Cytogenetic effects of low doses of ionizing radiation with different LET in human peripheral blood lymphocytes and possible mechanisms of their implementation. *Radiats. biol. Radioekol.* 2006;46(4):457–460. (In Russian).

PRYAKHIN E.A., URUTSKOYEV L.I., STYAZHKINA E.V., TRYAPITSYNA G.A., ALDIBEKOVA A.E., ET. AL. Biologicheskoye detektirovaniye fizicheskikh faktorov, svyazannykh s sil'notochnym elektrovzryvom provodnikov v vakuume [Biological detection of physical factors associated with a high-current electric explosion of conductors in a vacuum. *Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya*. 2020;84(11):1560–1568. (In Russian).

URUTSKOYEV L.I., LIKSONOV V.I., TSINOYEV V.G. Experimental detection of "strange" radiation and transformation of chemical elements. *Prikladnaya fizika*. 2000;(4):83–100. (In Russian).

SHISHKIN A.L. On the characteristics of MagnetoToro-Electric Radiation (MTEI) and their biological effect on humans. *Akademiya Trinitarizma*. Moscow: El № 77-6567, publ. 25150, 04.02.2019. (In Russian).

SHISHKIN A.L., TATUR V.YU. Assessment of the impact of strange radiation on biological objects. *ZhFNN*. 2019;23–24(7):139–141. (In Russian).

YAKOVLEVA M.N., SINEL'SHCHIKOVA T.A., PERMINOV I.N., ZASUKHINA G.D. The role of superoxide dismutase in maintaining cellular homeostasis when exposed to γ -radiation and nickel sulfate. *Radiats. biol. Radioekol.* 2002;42(3):299–301. (In Russian).

BARANOV D.S., ZATELEPIN V.N. The synthesis of dark hydrogen (neutron-like particles) in a hydrogen reactor. Int. conf. "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration". Beijing: PRC, 2019:166–174.

IVOILOV N.G., POZDEEV O.K., ZAKIROV T.R., KIPENSKAYA L.V., STREBKOV O.A., ET. AL. Study of magnetic and gamma radiation influence on bacterial cultures' vital activity. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*. 2012;37:15–32.

PRYAKHIN E.A., TRYAPITSYNA G.A., URUTSKOYEV L.I., AKLEYEV A.V. Assessment of the biological effects of 'strange' radiation. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*. 2006;31(4):463–472.

PRYAKHIN E.A., URUTSKOYEV L.I., TRYAPITSYNA G.A., AKLEYEV A.V. Biological effects of factors associated with explosions of titanium foil in con-

С.И. ЗАЙЧКИНА, А.Р. ДЮКИНА, М.М. ПОЦЕЛУЕВА, С.С. СОРОКИНА, А.П. ЛАРЮШКИН, М.С. ПАНЧЕЛЮГА, В.А. ПАНЧЕЛЮГА, А.С. БАРАНОВ, В.Н. ЗАТЕЛЕПИН
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ОКРЕСТНОСТИ
ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ВОДО-
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

densed media. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*. 2008;33(1-2):139–155.

Rus-LASA Directive 2010/63/eu (St. Petersburg, 2012).

SCHMID W. The micronucleus test. *Mutat. Res.* 1975;31(1):9–15.

WARD J.F. DNA Damage as the Cause of Ionizing Radiation-Induced Gene Activation. *Radiation Research*. 1994;138(1s):85–88.

WISEMAN H., HALLIWELL B. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer. *Biochem J.* 1996;313(1):17–29.

Заичкина Светлана Игоревна,

к.б.н., в.н.с. ФГБУН Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

✉ e-mail: szaichkina@yandex.ru

Дюкина Алсу Рашидовна,

к.б.н., с.н.с. ФГБУН Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

✉ e-mail: Dyukina@rambler.ru

Поцелуева Маргарита Михайловна,

к.б.н., в.н.с. ФГБУН Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

✉ e-mail: mpotselueva1949@gmail.com

Сорокина Светлана Сергеевна,

к.б.н., с.н.с. ФГБУН Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

✉ e-mail: sv0723@yandex.ru

Ларюшкин Денис Павлович,

м.н.с. ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

✉ e-mail: mr.ldp@yandex.ru

Панчелюга Мария Сергеевна,

н.с. ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

✉ e-mail: victor.panchelyuga@gmail.com

Панчелюга Виктор Анатольевич,

к.ф.-м.н., с.н.с. ФГБУН Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

✉ 142290, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, 3, 142290, Moscow region, Pushchino, st. Institutskaya, 3, e-mail: victor.panchelyuga@gmail.com

Баранов Дмитрий Сергеевич,

к.ф.-м.н., Лаборатория ИНЛИС и Объединенный институт высоких температур РАН, с.н.с. Объединенного института высоких температур РАН,

✉ 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр. 2, 125412, Moscow, st. Izhora, 13, bldg. 2, e-mail: bds07@yandex.ru

Зателепин Валерий Николаевич,

к.т.н., руководитель лаборатории ИНЛИС,

✉ 127521, г. Москва, 8-й Марьиной Рощи пр., д. 30, стр. 2, 127521, Moscow, 8th Maryinoy Roscha proezd, 30, bldg. 2, e-mail: zvn07@yandex.ru