

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРА СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ, ВЫЗВАННОГО ВВЕДЕНИЕМ АДРЕНАЛИНА ГИДРОХЛОРИДА

Ю.Е. Ананьева^{1,*}, О.А. Захарова¹, В.Д. Федотов², О.М. Лабынцева¹

¹ ФГУП «Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»
607190, Российская Федерация, Нижегородская обл., Саров, ул. Пушкина, 3

² ФГБОУ ВО «Волжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России
603005, Российская Федерация, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1

В работе приведены результаты исследований прекондиционирующего действия разных режимов импульсного магнитного поля (ИМП) на биохимические показатели крови крыс, подвергнутых адреналовой токсемии. Установлено, что воздействие ИМП приводит к развитию адаптивных реакций, однако скорость их включения может быть различной в зависимости от выбранного режима. Показана возможность применения низкочастотного импульсного магнитного поля в качестве протектора стресс-индуцированного состояния, вызванного адреналовой токсемией.

Ключевые слова: импульсное магнитное поле, адреналовая токсемия, резистентность, параметры крови

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ананьева Ю.Е., Захарова О.А., Федотов В.Д., Лабынцева О.М. Возможность применения низкочастотного импульсного магнитного поля в качестве модификатора стресс-индуцированного состояния животных, вызванного введением адреналина гидрохлорида. *Биомедицина*. 2023;19(4):47–55. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-19-4-47-55>

Поступила 05.06.2023

Принята после доработки 03.09.2023

Опубликована 10.12.2023

USE OF LOW-FREQUENCY PULSED MAGNETIC FIELD TO MODIFY THE STRESS-INDUCED ANIMAL HEALTH CAUSED BY EPINEPHRINE HYDROCHLORIDE

Yuliya E. Ananieva^{1,*}, Olga A. Zakharova¹, Vasily D. Fedotov², Olga M. Labyntseva¹

¹ Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Research Institute of Experimental Physics
607190, Russian Federation, Nizhny Novgorod Region, Sarov, Pushkina Str., 3

² Volga Research Medical University of the Ministry of Health Care of Russia
603005, Russian Federation, Nizhny Novgorod, Minina and Pozharskogo Sq., 10/1

In this work, we investigate the preconditioning action of various modes of pulsed magnetic field (PMF) on the blood biochemical parameters of rats exposed to adrenal toxemia. PMF was shown to trigger adaptive response; however, its rate can differ depending on the selected PMF mode. The possibility of using low-frequency PMF as a protector of stress-induced conditions caused by adrenal toxemia is demonstrated.

Keywords: pulsed magnetic field, adrenal toxemia, resistance, blood parameter

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Ananieva Yu.E., Zakharova O.A., Fedotov V.D., Labyntseva O.M. Use of Low-Frequency Pulsed Magnetic Field to Modify the Stress-Induced Animal Health Caused by Epinephrine Hydrochloride. *Journal Biomed.* 2023;19(4):47–55. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-19-4-47-55>

Submitted 05.06.2023

Revised 03.09.2023

Published 10.12.2023

Введение

Одной из важнейших задач здравоохранения в наши дни является профилактика заболеваний, направленная на активизацию защитных сил организма и предупреждение воздействия отрицательных факторов на здоровье человека. Применение многих фармакологических средств сопровождается большим количеством нежелательных явлений, связанных с выходом организма за пределы зоны устойчивости [5, 12].

Нарушение жизнедеятельности организма так или иначе связано с изменением функционирования клеток. Каким бы ни был повреждающий агент и на какие бы клетки он ни действовал, ответ клеток по ряду показателей остается неспецифическим. Причины такого стереотипа изменений в клетках при их повреждении заключаются в том, что сами молекулярно-клеточные механизмы повреждения клеток сходны, даже если причины, вызвавшие повреждение, различны [6, 7, 13].

Большую актуальность приобретает изучение проблемы стресса как универсального фактора развития каскада патогенетических реакций, приводящих к формированию различной патологии. По мнению исследователей, главными стресс-реализующими системами организма являются симпатно-адреналовая и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая [4]. Активация этих систем, безусловно, играет большую роль в нарушении метаболизма, а также является одним из факторов риска развития популяционно значимых заболеваний (артериальной гипертензии, ишемической

болезни сердца, сахарного диабета 2 типа и др.) [17]. Одним из ведущих патогенетических механизмов формирования патологии является выброс катехоламинов в кровоток, что сопровождается истощением коркового слоя надпочечников, гиперкоагуляцией, гипергликемией, вазоконстрикцией и т.д., что клинически может проявляться развитием инфаркта в специализированных тканях (миокарде, головном мозге и др.), нарушениями ритма сердца и феноменом внезапной смерти [4]. В этой связи поиск новых, в т.ч. немедикаментозных, методов коррекции гиперкатехоламинемии представляется очень важной задачей.

В клиническую практику был внедрен метод индивидуализированной низкочастотной импульсной магнитотерапии эссенциальной артериальной гипертензии на основе установки УМТИ-3Ф [14].

На базе ФГУП «РФАЦ – ВНИИЭФ» ведутся работы, направленные на исследование биоэффектов от действия импульсных магнитных полей, генерируемых установкой нового поколения «Бутон», созданной на основе магнитогенератора УМТИ-3Ф. В работах [8, 10] доказана роль данных магнитных полей в обеспечении устойчивости организма к гипоксии.

Целью нашей работы явилось исследование воздействия низкочастотного импульсного магнитного поля, генерируемого установкой «Бутон», на адаптационные реакции организма при моделировании адреналовой токсемии.

Материалы и методы

Исследование проводилось на белых беспородных половозрелых крысах-самцах массой 200–250 г. Животные были закуплены в филиале «Андреевка» ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России» (Московская обл.). Животные содержались в виварии, в клетках по 4 особи при свободном доступе к пище и воде и естественной смене дня и ночи.

В качестве источника импульсного ИМП использовали генератор ИМП «Бутон» со значением модуля магнитной индукции в центре рабочей зоны индуктора до $3,5 \pm 0,2$ мТл, формой сигнала вида затухающей синусоиды $U(t) = U_0 (\sin \omega t \exp(-\alpha t))$, при $U_0 = 150\text{--}300$ В, частотой ~ 100 Гц, частотой следования импульсов $1,0 \pm 0,1$ Гц. Тестирование параметров магнитного поля проводили однокомпонентным тесламетром ТП2-2У.

Для обработки магнитным полем животных помещали в контейнер с прозрачными стенками без ограничения движения. Контейнер размещали в рабочей зоне используемой установки. Обработку магнитным полем осуществляли totally в течение 30 мин со сменой максимального значения модуля магнитной индукции каждые 10 мин.

Животные были разделены на 7 групп. 1 группа — интактные животные. Моделирование адреналовой токсемии [4, 9] осуществляли путем внутрибрюшинного введения 0,1% р-ра адреналина гидрохлорида в дозе 0,1 мг/кг (2 группа). В качестве контроля ко 2-й группе служили животные, которым внутрибрюшинно вводили физ. р-р (3 группа). Предварительно в течение трех дней животных 4–7 групп подвергали 30-минутному воздействию низкочастотного ИМП в режиме I — $1,5\text{--}3,2\text{--}1,5$ мТл (4 группа) и режиме II — $3,2\text{--}1,5\text{--}3,2$ мТл (5 группа) с последующим введением адреналина в дозе 0,1 мг/кг после окончания

последнего сеанса воздействия животным 6 и 7 группы. Введение адреналина осуществляли через 15 мин после последнего сеанса ИМП.

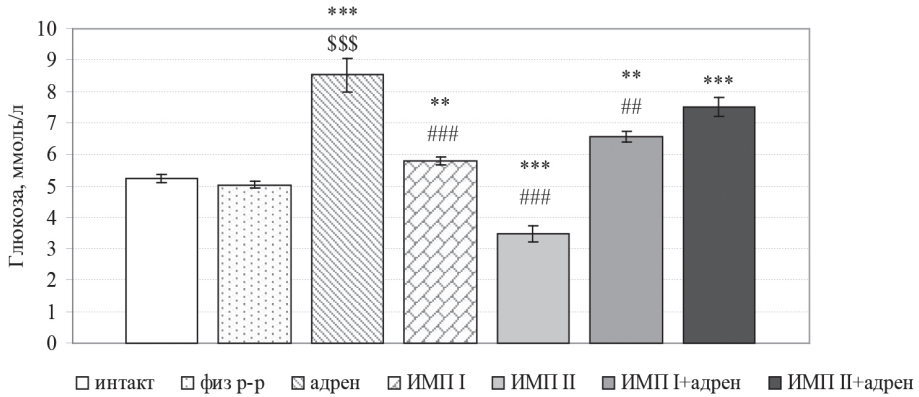
Забор крови у крыс осуществляли путем декапитации спустя 1 ч после воздействия исследуемых факторов.

Методы исследования включали изменение электрофоретической подвижности эритроцитов методом микроэлектрофореза [18], концентрации малонового диальдегида в эритроцитах фотометрическим методом [1], количественного содержания глюкозы в плазме крови энзиматическим колориметрическим методом (набор «Глюкоза-Ольвекс», Санкт-Петербург), активности аспартатаминотрансферазы (набор «АСТ-РФ-ОЛЬВЕКС», Санкт-Петербург) в сыворотке крови фотометрическим методом, а также лактатдегидрогеназы (набор «ЛДГ-2-ОЛЬВЕКС», Санкт-Петербург) в сыворотке крови оптимизированным кинетическим методом.

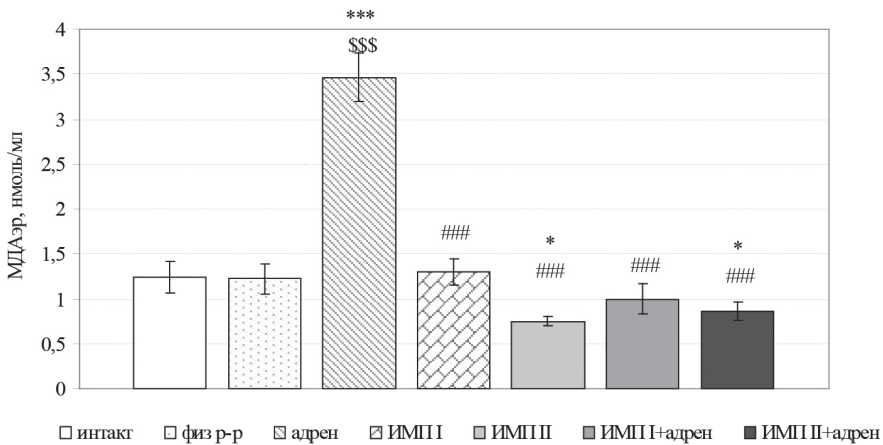
Проверка на нормальность распределения проведена во всех экспериментальных сериях с использованием W-теста Шапиро — Уилка [2, 11]. Оценка статистической значимости различий средних значений показателей двух независимых групп проведена с использованием t-критерия Стьюдента (с поправкой Бонферрони). Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

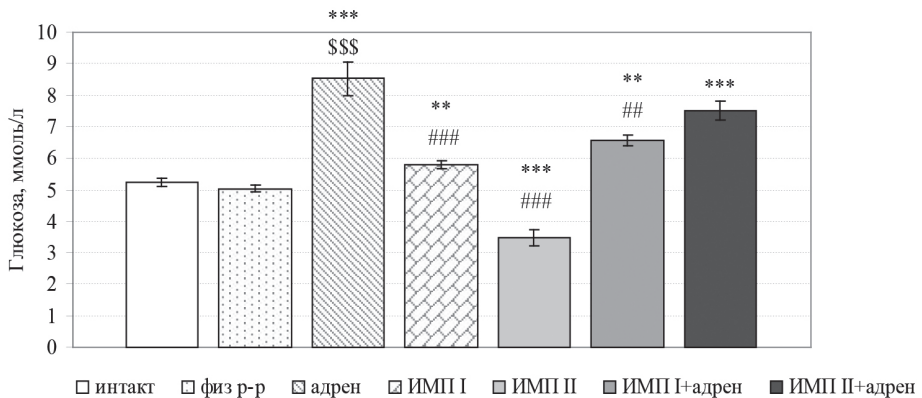
Результаты проведенных исследований (рис.) свидетельствуют о том, что в ответ на введение экзогенного адреналина происходило развитие стереотипной реакции клеток на стресс [20]. Зарегистрировано снижение электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ) на 42% ($p \leq 0,001$), увеличение содержания вторичного продукта ПОЛ — малонового диальдегида (МДАэр) на 179% ($p \leq 0,001$), повышение уровня глюкозы в крови на 62% ($p \leq 0,001$),



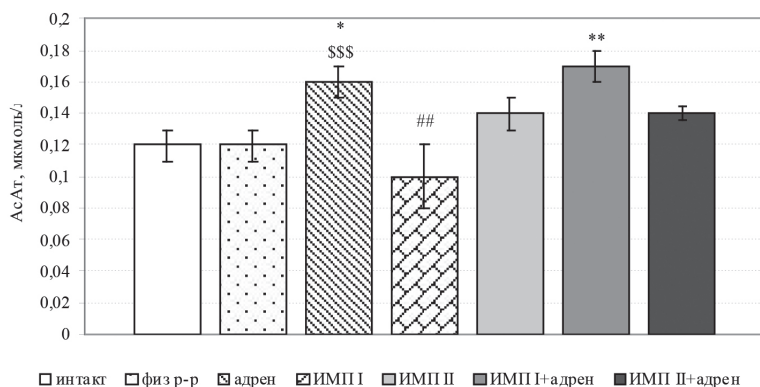
Электрофоретическая подвижность эритроцитов
Electrophoretic mobility of erythrocytes



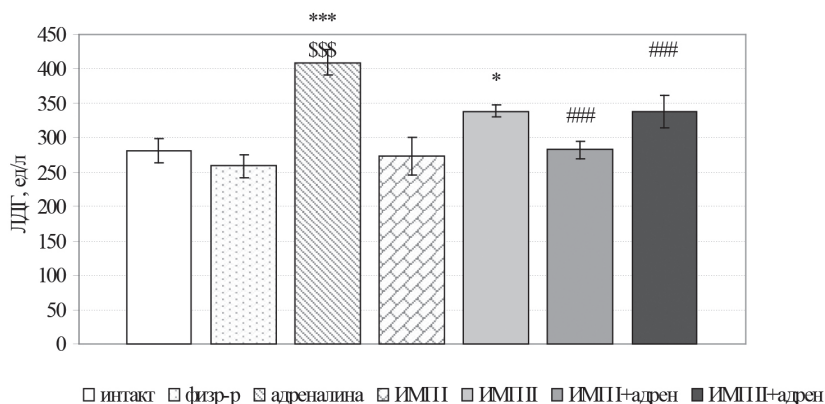
Содержание малонового диальдегида в эритроцитах
Malondialdehyde in red blood cells



Содержание глюкозы в плазме крови
Glucose in blood plasma



Активность аспаратаминотрансферазы (AsAt) в сыворотке крови
 Activity Aspartate Amino transferase (AsAt) in blood serum



Активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в сыворотке крови
 Activity lactate dehydrogenase (LDG) in blood serum

Рис. (с. 50–51). Изменение биохимических показателей крови после действия низкочастотного импульсного магнитного поля в разных режимах.

Примечание: * — статистически значимые различия по отношению к интактной группе, $p \leq 0,05$;

** — статистически значимые различия по отношению к интактной группе, $p \leq 0,01$;

*** — статистически значимые различия по отношению к интактной группе, $p \leq 0,001$;

\$\$\$ — статистически значимые различия по отношению к группе физ. р-р, $p \leq 0,001$;

— статистически значимые различия по отношению к группе адреналин, $p \leq 0,01$;

— статистически значимые различия по отношению к группе адреналин, $p \leq 0,001$.

Fig. (pp. 50–51). Changes in blood biochemical parameters after the action low-frequency pulsed magnetic field in different modes.

Note: * — statistically significant differences compared to the intact group, $p \leq 0,05$;

** — statistically significant differences compared to the intact group, $p \leq 0,01$;

*** — statistically significant differences compared to the intact group, $p \leq 0,001$;

\$\$\$ — statistically significant differences compared to the group saline solution, $p \leq 0,001$;

— statistically significant differences compared to the group adrenaline, $p \leq 0,01$;

— statistically significant differences compared to the group adrenaline, $p \leq 0,001$.

а также активности аспартаминотрансферазы на 33% ($p \leq 0,05$) и лактатдегидрогеназы на 55% ($p \leq 0,001$) относительно контрольного уровня.

Применение импульсного магнитного поля в режиме I в качестве модификатора стресс-индуцированного состояния приводило к нормализации всех исследуемых показателей. Несмотря на то что уровень глюкозы в крови относительно интактных значений оставался повышенным (на 25%, $p \leq 0,01$), импульсное магнитное поле способствовало снижению уровня глюкозы в крови относительно группы животных, которым вводили адреналин (на 23%, $p \leq 0,01$). Получено увеличение активности фермента аспартаминотрансферазы в сыворотке крови на 13% ($p \leq 0,01$) по отношению к группе «Адреналин». Возможным объяснением увеличения активности ферментов, связанных с энергообеспечением клеток, может быть изменение потребности организма в продуктах реакции, катализируемой этим ферментом в соответствующем органе, и, прежде всего, в поддержании энергообеспечения клеток. Аминотрансферазы регулируют энергетическое звено организма, катализируя переаминирование аминокислот, которые как субстрат входят в запасной путь цикла Кребса для быстрого и короткого пути выработки энергии при «острой» ее нехватке [3]. Таким образом, импульсное магнитное поле в заданном режиме способствовало повышению резистентности организма к стрессовому воздействию, вызывая включение защитных реакций, направленных на мобилизацию энергетических ресурсов организма.

Обращает внимание тот факт, что само по себе воздействие трехдневного курса импульсного магнитного поля в режиме I не вызывало значимых изменений в организме животных. Исключение составляет уровень глюкозы в плазме крови, который превышал на 10% ($p \leq 0,01$) интактный по-

казатель. Известно, что эндокринная система входит в число наиболее чувствительных к магнитному полю систем организма. Вероятной причиной повышения уровня глюкозы в крови под воздействием импульсного магнитного поля в данном режиме может быть активация катаболического гормона глюкагона с последующим запуском процессов гликогенолиза и глюконеогенеза с образованием глюкозы и выходом ее в кровь [15].

Предварительное воздействие импульсного магнитного поля в режиме II ослабляло эффекты адреналина, способствуя включению защитно-приспособительных реакций, направленных на нормализацию электрокинетических и структурно-функциональных характеристик мембраны (рост ЭФПЭ на 42%, $p \leq 0,001$, снижение уровня глюкозы и МДАэр на 12%, $p \leq 0,001$, и 75%, $p \leq 0,05$, соответственно), но не отменяло их. Так, импульсное магнитное поле в режиме II показало свою низкую эффективность в качестве модификатора стрессового состояния, незначительно снижая интенсивность проявления стрессовой реакции организма.

В чистом виде импульсное магнитное поле с заданными характеристиками проявляло себя как раздражитель средней силы. Отмечено снижение электрофоретической подвижности эритроцитов на 25% ($p \leq 0,001$) относительно интакта. Зафиксированное снижение ЭФПЭ, с одной стороны, может являться следствием активации эндокринной системы организма под действием магнитного поля, в результате которой происходит повышение уровня катехоламинов, запускающих модификацию морфофункциональной организации клеток. С другой стороны, известно, что биологическое состояние мембраны клетки напрямую связано с поверхностным зарядом, о наличии которого можно судить по электрофоретической подвижности [5, 16]. Под влиянием магнитных полей может

изменяться активность АТФ-азы, концентрация ионов на внутренней и внешней поверхности мембраны, что изменяет ее свойства [13]. На наличие функциональных изменений в клеточной мембране указывает и полученное в эксперименте снижение уровня малонового диальдегида в эритроците на 60%, $p \leq 0,05$, а также увеличение активности цитозольного фермента ЛДГ в плазме крови крыс на 20% ($p \leq 0,05$) относительно интакта. Зафиксированное снижение уровня глюкозы в крови на 66% ($p \leq 0,001$) относительно интактной группы животных говорит о перестройке энергетического метаболизма клеток под действием физического фактора. Возросшие при стрессе энергетические потребности организма обеспечиваются за счет утилизации глюкозы [3].

Несмотря на то что первичные механизмы воздействия низкочастотного магнитного поля остаются малоизученными, авторы исследований в этой области полагают, что ведущим эффектом является изменение нейрогуморальных и структурно-метаболических процессов на уровне мембран клеток, тканей и систем организ-

ма [19]. Данный концепт был подтвержден нашим исследованием: ИМП с заданными параметрами вызывало напряжение физиологических механизмов обеспечения биоэлектрического гомеостаза, развитие общей неспецифической реакции организма с включением энергетических резервов.

Заключение

Анализируя вышеизложенное, можно заключить, что в режиме I магнитное поле повышало устойчивость организма к адреналину, вызывая развитие неспецифической адаптационной реакции, направленной на мобилизацию энергетических ресурсов в клетке, выражающуюся в повышении уровня глюкозы в крови, а также активности аспартаминотрансферазы в сыворотке крови крыс. Импульсное магнитное поле в режиме II не обладало стресс-протекторными свойствами, но модулировало реакцию организма на действие адреналина, оказывая влияние на проницаемость клеточной мембраны и ее электрокинетические характеристики, ферментативную активность, а также энергетические процессы в клетке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Владимиров Ю.А. Свободные радикалы и антиоксиданты. *Вестник РАМН*. 1998;7:43–51. [Vladimirov Yu.A. Svobodnye radikal'yi i antioksidanty [Free radicals and antioxidants]. *Vestnik RAMN*. 1998;(7):43–51 (In Russian)].
2. Гланц С.М. *Медико-биологическая статистика: практика*. М.: Наука, 1999:459. [Glants S.M. *Medical and biological statistics: practice*. Moscow: Nauka Publ., 1999:459 (In Russian)].
3. Давыдова О.К., Сирецкая Т.В., Ерофеев А.И., Романькова Ю.В., Носов В.Н. Особенности формирования защитной реакции организма в остром периоде после краткосрочной иммобилизации на основе гематологических и биохимических показателей крови крыс. *Прикладные проблемы безопасности технических и биотехнических систем*. 2016;2:19–23. [Davydova O.K., Siretskaj T.V., Erofeev A.I., Roman'kova Yu.V., Nosov V.N. Osobennosti formirovaniya zaschitnoj reaksii organizma v ostrom periode posle kratkosrochnoj immobilizatsii na osnove gematologicheskikh i biochimicheskikh pokazatelej krovi [Features of the formation of the body's defense reaction in the acute period after short-term immobilization on the basis of hematological and biochemical parameters of rat blood]. *Prikladnye problemy bezopasnosti tehnikeskikh i biotekhnicheskikh sistem* [Applied problems of safety of technical and biotechnical systems]. 2016;(2):19–23 (In Russian)].
4. Дерюгина А.В., Жемарина Н.В., Ивашенко М.Н., Самodelкин А.Г., Игнатьев П.С., Воронина Л.А., Шабалин М.А., Грачева Е.А. Коррекция состояния организма низкоинтенсивным лазерным излучением при моделировании адреналовой токсемии у крыс. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2019;63(4):81–87. [Deryugina A.V., Zhemarina N.V., Ivashchenko M.N., Samodelkin A.G., Ignatyev P.S., Voronina L.A., Shabalin M.A., Gracheva E.A. Korrektsiya sostoyaniya organizma nizkointensivnym lazernym izlucheniem pri modelirovanii adrenalovoi toxemii u krys [Correction of the state of the organism by low-intensity laser radiation in the modeling of adrenal toxicity in rats]. 2019;63(4):81–87 (In Russian)].

- [Correction of the body state with low-intensity laser irradiation in modeling adrenal toxemia in rats]. *Pathological physiology and experimental therapy*. 2019;63(4):81–87 (In Russian)]. DOI: 10.25557/0031-2991.
5. Клёсов Р.А., Каркищенко В.Н., Степанова О.И., Баранова О.В. Сравнительное экспериментальное биомоделирование НПВС-индуцированного энтероколита. *Биомедицина*. 2020;16(1):65–81. [Klesov G.A., Karkischenko V.N., Stepanova O.I., Baranova O.V. Sravnitel'noe eksperimental'noe biomodirovanie NPVS-inducirovannogo elektrolita [Comparative experimental biomodelling of nsaid0-induced enterocolitis]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2020;16(1):65–81 (In Russian)]. DOI: 10.33647/2074-5982-16-1-65-81.
6. Козинец Г.И., Попова О.В., Будник М.И. и др. *Электрический заряд клеток крови*. М.: Практич. медицина, 2007:208. [Kozinets G.I., Popova O.V., Budnik M.I. *Elektricheskij zaryad kletok krovi* [Electric charge of blood cells]. Moscow: Prakticheskaya medicina Publ., 2007:208 (In Russian)].
7. Красников В.Е. *Патология клетки: уч. пособ.* Владивосток: Медицина ДВ, 2008:100. [Krasnikov V.E. *Patologij kletki: uch. posob.* [Cell pathology: textbook]. Vladivostok: Meditsina DV Publ., 2008:100. (In Russian)].
8. Крылов В.Н., Лобкаева Е.П., Ошевенский Л.В., Лабынцева О.М., Захарова О.А., Федотов В.Д., Ананьева Ю.Е., Рохмистрова Е.Г. Возможность применения импульсного магнитного поля в качестве протектора повреждающего действия гипоксии. *Биомедицина*. 2018;(3):90–100. [Krylov V.N., Lobkaeva Ye.P., Oshevskij L.V., Labyntseva O.M., Zaharova O.A., Fedotov V.N., Anan'eva Yu.E., Rohmistrova E.G. Vozmozhnost' primeneniya impul'snogo magnitnogo polya v kachestve protektora povrezhdayushchego dejstviya gipoksii [The possibility of applying a pulsed magnetic field as a protector of damage action of hypoxia]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2018;(3):90–100 (In Russian)].
9. Крылов В.Н. *Механизмы изменения некоторых функций нормального и альтерированного сердца при действии зоотоксинов*: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 1990:48. [Krylov V.N. *Mehanizmy izmeneniya nekotoryh funkcij normal'nogo i al'terirovannogo serdca pri dejstvii zootoksinov* [Mechanisms of changes in some functions of the normal and altered heart under the action of zootoxins]. Avtoref. diss. ... Dr. Biol. Sci. Moscow, 1990:48 (In Russian)].
10. Лабынцева О.М., Захарова О.А., Ананьева Ю.Е., Рохмистрова Е.Г., Лобкаева Е.П. Импульсное магнитное поле как средство повышения эффективности тренировочной нормобарической интервальной гипоксии у крыс. *Биомедицина*. 2019;15(2):24–33. [Labyntseva O.M., Zaharova O.A., Anan'eva Yu.E., Rohmistrova E.G., Lobkaeva E.P. Impul'snoe magnitnoe pole kak sredstvo povysh-
- eniya effektivnosti trenirovochnoj normobaricheskoy interval'noj gipoksii u krys [Pulsed magnetic field as a means of increasing the efficiency of normobaric interval hypoxia training in rats]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2019;15(2):24–33 (In Russian)]. DOI: 10.33647/2074-5982-15-2-24-33.
11. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. *Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel*. Киев: Моршон, 2000:319. [Lapach S.N., Chubenko A.V., Babich P.N. *Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s ispolzovaniem Excel*. [Statistical methods in biomedical studies using Excel]. Kiev: Morion Publ. 2000:319. (In Russian)].
12. Литвиненко Т.С., Сафроненко А.В., Ганцгорн Е.В., Куделина О.М., Постникова Е.С., Чотий В.А. Нежелательные лекарственные реакции и методические подходы к их мониторингу. *Биомедицина*. 2021;17(3):56–61. [Litvinenko T.S., Safronenko A.V., Gantsgorn E.V., Kudelina O.M., Postnikova E.S., Chotij V.A. Nezhelatel'nyie lekarstvennyie reaktsii i metodicheskie podhodyi k ih monitoringu [Adverse drug reactions and methodological approaches to their monitoring]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2021;17(3):56–61. (In Russian)]. DOI: 10.33647/2074-5982-17-3-56-61.
13. Новицкий В.В., Рязанцева Н.В., Литвинова Л.С. Молекулярные механизмы нарушения взаимодействия эффекторных клеток крови при патологии инфекционной и неинфекционной природы. *Бюллетень СО РАМН*. 2008;4(132):36–48. [Novitsij V.V., Ryazantseva N.V., Litvinova L.S. Molekulyarnye mehanizmy narusheniya vzaimodejstviya effektornyih kletok krovi pri patologii infekcionnoj i neinfekcionnoj prirody [Molecular mechanisms of impaired interaction of effector blood cells in infectious and non-infectious pathology]. *Byulleten' SO RAMN*. 2008;4(132):36–48. (In Russian)].
14. *Способ коррекции функционального состояния организма*. Лобкаева Е.П., Девяткова Н.С., Синельникова И.А., Шевцов И.Д., Ошевенский Л.В., Крылов В.Н., Федотов В.Д., Маслов А.Г. Патент РФ № 2432972(13) С1 МПК А 61N 2/00, бюл. № 31, 2011. [Sposob korrektsii funktsionalnogo sostojaniya organizma [Method of correction of functional state of the organism]. Lobkaeva Ye.P., Devjatкова N.S., Sinel'nikova I.A., Shevtsov I.D., Oshevskij L.V., Krylov V.D., Fedotov V.D., Maslov A.G. Patent of RF No. 2432972(13) С1 МПК А 61N 2/00, bull. No. 31. 2011. (In Russian)].
15. Сысоева И.В. Современное представление о биологическом действии магнитных полей и их применение в медицине. *Медицинские новости*. 2005;4:21–28. [Sysoeva I.V. Sovremennoe predstavlenie o biologicheskom dejstvii magnitnyih polej i ih primenenie v medicine [Modern understanding of the biological effect of magnetic fields and their application in medicine]. *Medicinskie novosti [Medical news]*. 2005;(4):21–28. (In Russian)].

16. Улащик В.С. *Физиотерапия: Универсальная медицинская энциклопедия*. Минск: Книжный дом, 2008:640. [Ulashchik V.S. *Physiotherapy: Universal Medical Encyclopedia*. Minsk: Knizhnyi dom Publ., 2008:640. (In Russian)].
17. Федотов В.Д. Возможности коррекции вегетативной дисрегуляции у пациентов с эссенциальной артериальной гипертензией. *Врач-аспирант*. 2011;47(4.4):596–600. [Fedotov V.D. *Vozmozhnosti korrektsii vegetativnoj dizregulyatsii u patsientov s es-sentsial'noj arterial'noj gipertenziej* [The possibilities of correction of vegetative disre-gulation in patients with essential arterial hypertension]. *Vrach-aspirant* [Doctor-graduate student]. 2011;47(4.4):596–600. (In Russian)].
18. Харамоненко С.С., Ракитянская А.А. *Электрофорез клеток крови в норме и патологии*. Минск: Белорусь, 1974:144. [Haramonenko S.S., Rakityanskaya A.A. *Elektroforez kletok krvi v norme i patologii* [Electrophoresis of blood cells in normal and pathological conditions]. Minsk: Belorus' Publ., 1974:144. (In Russian)].
19. Koch C.L.M.B., Sommarin M., Persson B.R.R., et al. Interaction between weak low frequency magnetic fields and cell membranes. *Bioelectromagnetics*. 2003;24:395–402. DOI: 10.1002/bem.10136.
20. Martusevich A.K., Martusevich A.A., Kovaleva L.K. Biocrystallomics Methods in Enstimation of the Action of Different Stress Factors. *Journal of Stress Physiology&Biochemistry*. 2016;12(3):12–17.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ананьева Юлия Евгеньевна*, ФГУП «Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»;
e-mail: anyue@mail.ru

Yuliya E. Ananieva*, Russian Federal Nuclear Center — Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Research Institute of Experimental Physics;
e-mail: anyue@mail.ru

Захарова Ольга Анатольевна, к.б.н., ФГУП «Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»;
e-mail: olga@bfrc.vniief.ru

Olga A. Zakharova, Cand. Sci. (Biol.), Russian Federal Nuclear Center — Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Research Institute of Experimental Physics;
e-mail: olga@bfrc.vniief.ru

Федотов Василий Дмитриевич, к.м.н., доц., ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России

Vasiliy D. Fedotov, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Volga Research Medical University of the Ministry of Health Care of Russia

Лабынцева Ольга Михайловна, к.б.н., ФГУП «Российский Федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»;
e-mail: olga@bfrc.vniief.ru

Olga M. Labyntseva, Cand. Sci. (Biol.), Russian Federal Nuclear Center — Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Research Institute of Experimental Physics;
e-mail: olga@bfrc.vniief.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author