

Federal State Budgetary Educational Institution (FSBEI) of Higher Education (HE) «Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin»; house 13, Kalyaeva str., Krasnodar city, Krasnodar Territory, Russia, 350044»; e-mail: cravchenko-ga@mail.ru

УДК 57013:612.1

**Дерюгина А. В., Самоделкин А. Г., Иващенко М. Н., Игнатьев П. С.,
Скворцова Г. А., Сидей К. Р**

АТФ И АКТИВНОСТЬ $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФ}$ АЗЫ ЭРИТРОЦИТОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 18-016-00195».*

Ключевые слова: низкоинтенсивное лазерное излучение, АТФ, $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФ}$ аза эритроцитов, технологический стресс, крупный рогатый скот.

Резюме: Усложнение производственных процессов в животноводстве, концентрация животных на ограниченных площадях и высокая степень механизации отрасли приводят к увеличению случаев развития стрессовой реакции и возникновению нарушений обмена веществ. Актуальным является повышение резистентности животных к факторам внешней среды методами доступными и недорогими, возможными в использовании любыми хозяйствами. Лазерное излучение – разновидность неионизирующего электромагнитного излучения, широко используется в ветеринарии. Однако вопрос о возможных механизмах биологического действия лазерного излучения на организм животных остается открытым. Гомеостатические показатели клеток в значительной степени зависят от содержания АТФ, которая служит донором фосфата для различных внутриклеточных реакций, и активности $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФ}$ азы, участвующей в регуляции ионного баланса клеток. В связи с вышесказанным, целью работы ставилось исследование НИЛИ на концентрацию АТФ и активность $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФ}$ азы эритроцитов крупного рогатого скота. Объектом исследования являлась цельная кровь физиологически здоровых коров черно-пестрой породы, перенесших технологический стресс (опытная группа), и кровь нестрессированных животных (контрольная группа). Кровь подопытных групп животных подвергали воздействию низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) в течение 15 минут при постоянном и дробном режиме воздействия. В качестве источника излучения применяли аппарат лазерный терапевтический «Успех» (ГП «Восход»), представляющий собой малогабаритную автономную матрицу из 10 лазерных диодов. Длина волны излучения 890 нм, частота повторения импульсов 80 Гц, суммарная импульсная мощность излучения 30 Вт., минимальное значение плотности средней мощности излучения в плоскости выходного окна аппликатора 193 мкВт/см², площадь выходного отверстия 20 см². Дробный режим был использован с целью исключения возможного нагрева образцов, так как при действии НИЛИ нельзя исключить возможного нагрева тканей и связанных с этим повышением активности ферментов, в частности, $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФ}$ азы. Исследование концентрации АТФ и активности $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФ}$ азы показало снижение показателей по сравнению с контролем. Использование НИЛИ как при постоянном, так и при дробном режиме воздействия, определило увеличение исследуемых показателей. Однако более значимые изменения регистрировались при постоянном режиме воздействия НИЛИ. концентрация АТФ в эритроцитах и активность $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФ}$ азы увеличивались в три раза относительно показателей жи-

вотных, подвергшихся стрессу, и превосходили значения показателей контрольных животных. Таким образом, проведенное исследование доказывает, что действие НИЛИ может быть эффективным в коррекции стрессовой реакции организма и эффекты НИЛИ реализуются не только через нагрев тканей.

Введение.

В рамках развития отечественного животноводства основной задачей является снабжение населения в достаточном количестве качественной продукцией сельского хозяйства и связанные с этим вопросы профилактики заболеваний (1). При этом основой патологического процесса может стать стресс. Усложнение производственных процессов в животноводстве, концентрация животных на ограниченных площадях и высокая степень механизации отрасли приводят к увеличению случаев развития стрессовой реакции и возникновению нарушений обмена веществ. У телят смена условий содержания и кормления в первые несколько дней сопровождается реакцией характерной для стресса (2). При этом фаза молочного питания является у продуктивных животных важным этапом совершенствования многих физиологических механизмов (3). Актуальным является повышение резистентности животных к факторам внешней среды методами доступными и недорогими, возможными в использовании любыми хозяйствами. Использование витаминов, пробиотиков и БАВ дорого и не всегда рентабельно. Лазерное излучение – разновидность неионизирующего электромагнитного излучения, широко используется в ветеринарии (4). Однако вопрос о возможных механизмах биологического действия лазерного излучения на клетки и органы организма животных остается открытым. Известно, что эритроциты могут быть удобным объектом исследования, при этом отражая процессы, развивающиеся в других клетках организма (5). Гомеостатические показатели клеток в значительной степени зависят от содержания АТФ, которая служит донором фосфата для различных внутриклеточных реакций, и активности $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФазы}$, участвующей в регуляции ионного баланса клеток (6). Показано, что осмотический шок и длительное истощение клеток по АТФ инициируют апоптоз и некроз клеток (7). Исходя из сказанного, целью работы ставилось исследование НИЛИ на концентрации АТФ и активности $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФазы}$ эритроцитов крупного рогатого скота.

Материалы и методы исследований:

Объектом исследования являлась цельная кровь физиологически здоровых коров черно-пестрой породы, перенесших технологический стресс (опытная группа), и кровь нестрессированных животных (контрольная группа). Формирование групп (контрольной и опытной), осуществляли по принципу групп-аналогов по полу, возрасту, средней живой массе и фенотипическим признакам: опытная и контрольная, по 10 голов в каждой.

Кровь подопытных групп животных подвергали облучению в течение 15 минут при постоянном и дробном режиме воздействия. Дробный режим воздействия включал чередование в течение 5 мин излучения НИЛИ и 5 мин последующего его отключения, суммарное время воздействия НИЛИ составило 15 мин. Контролем служила необлученная кровь тех же особей. Исследовали показатели через час после облучения. Для измерения исследуемых показателей необлученную и облученную кровь 3 раза центрифугировали при 3000 об/мин 10 мин.

Облучение крови проводили в чашках Петри диаметром 3 см, на расстоянии 1 см от поверхности мембран находился источник лазерного излучения. В качестве источника излучения применяли аппарат лазерный терапевтический «Успех» (ГП «Восход»), представляющий собой малогабаритную автономную матрицу из 10 лазерных диодов. Длина волны излучения 890 нм, частота повторения импульсов 80 Гц, суммарная импульсная мощность излучения 30 Вт, минимальное значение плотности средней мощности излучения в плоскости выходного окна аппликатора 193 мкВт/см², площадь выходного отверстия 20 см². В каждой серии было проведено исследование 10 проб, в которых проводили измерение концентрации АТФ и активности $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФазы}$ в эритроцитах.

Измерение концентрации АТФ проводили неэнзиматическим методом (8). В пробах определяли неорганический фосфор, регистрируя плотность окраски на фотометре КФК-3 при длине волны 660 нм. Концентрацию фосфора неорганического определяли по калибровочной кривой, используя стандартный раствор $\text{KН}_2\text{PО}_4$ (9).

Каталитическую активность $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФазы}$

АТФазы определяли по приросту фосфора неорганического при инкубации гемолизированных эритроцитов в изотонической среде (10). В качестве гемолизирующей среды использовали 10 мМ трисНСl-буфер и 1мМ ЭДТА. Стандартная инкубационная среда для определения активности фермента содержала (мМ): 100 Na⁺, 20 K⁺, 3 Mg²⁺, 50 Трис-НСl рН 7,4, 3 АТФ. К инкубационной среде, включающей 1,2 мл Трис-НСl, 0,2 мл MgCl₂, 0,2 мл NaCl, 0,2 мл KCl, 0,2 мл АТФ, добавляли 0,5 мл гемолизата эритроцитов. В пробу сравнения добавляли 1 мл 20%-ной ТХУ (контроль на реактивы). Активность Na⁺-K⁺-АТФазы выражали в мкмоль фосфора неорганического, образующегося в ходе ферментативной реакции за 1 ч на 1 мл суспензии цельных эритроцитов.

Полученные результаты обрабатывали с помощью пакетов прикладных программ BIOSTAT и Microsoft Excel. Достоверность различий средних определяли по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение:

Исследование концентрации АТФ показало значимое снижение показателя в 2 раза (p<0,05) в образцах крови стрессированных животных по сравнению с контролем (табл. 1, 2). Активность Na⁺-K⁺-АТФазы также снижалась по сравнению с интактными животными (табл. 1). Полу-

ченные данные изменения активности Na⁺-K⁺-АТФазы сочетаются с данными литературы, в которых отмечено снижение активность Na⁺-K⁺-АТФазы при стрессе (11, 12). Na⁺-K⁺-АТФаза способствует за счет энергии АТФ переносу через мембрану других ионов, обеспечивает сопряженный котранспорт Na⁺, K⁺, Cl⁻, Na⁺/Ca²⁺ и Na⁺/H⁺-обмены, кроме того, в результате имеющегося градиента Na⁺ происходит сопряженный с ним перенос глюкозы, аминокислот, фосфора и нейротрансмиттеров (13). Угнетение активности Na⁺-K⁺-АТФазы приводит к увеличению концентрации внутриклеточного Ca²⁺ (вследствие активации Na⁺/Ca²⁺ обменного механизма), который, в свою очередь, участвует в активации путей регуляции клеточного метаболизма (14, 15)

Использование НИЛИ как при постоянном, так и при дробном режиме воздействия, определило увеличение исследуемых показателей. Однако более значимые изменения регистрировались при постоянном режиме воздействия НИЛИ. Так, концентрация АТФ в эритроцитах и активность Na⁺-K⁺-АТФазы увеличивались в три раза относительно показателей животных, подвергшихся стрессу, и превосходили значения показателей контрольных животных (табл. 1).

Рассматривая механизм действия НИЛИ на эритроциты *in vitro*, стоит учиты-

Таблица 1. Активность Na⁺-K⁺-АТФазы (мкмоль/мл) и АТФ (мкмоль/мл) при постоянном воздействии НИЛИ

Показатели	Na ⁺ -K ⁺ -АТФазы	АТФ
Интактные (контроль)	3,24 ± 0,50	1,95 ± 0,54
Интактные+НИЛИ	4,87 ± 0,64*	1,05 ± 0,61
Стресс	2,20 ± 0,45*	0,86 ± 0,41*
Стресс + НИЛИ	6,20 ± 0,66*°	2,65 ± 0,38*°

Примечание: «*» – статистически значимые различия относительно значений интактной группы, p<0,05, «°» – статистически значимые различия в группе «стресс+НИЛИ» относительно значений группы «стресс», p<0,05.

Таблица 2. Активность Na⁺-K⁺-АТФазы (мкмоль/мл) и АТФ (мкмоль/мл) при дробном воздействии НИЛИ

Показатели	Na ⁺ -K ⁺ -АТФазы	АТФ
Интактные (контроль)	3,08 ± 0,50	2,09 ± 0,30
Интактные+НИЛИ	3,32 ± 0,43	1,72 ± 0,47
Стресс	2,35 ± 0,42	0,80 ± 0,36*
Стресс + НИЛИ	3,51 ± 0,34	1,54 ± 0,32°

Примечание: «*» - статистически значимые различия относительно значений интактной группы, p<0,05, «°» - статистически значимые различия в группе «стресс+НИЛИ» относительно значений группы «стресс», p<0,05.

вать фотофизические реакции, возникающие в организме при воздействии света. Фотофизические реакции обусловлены преимущественно нагреванием объекта до различной степени (в пределах 0.1–0.3 °С) и распространением тепла в биотканях. Разница температуры более выражена на биологических мембранах, что ведет к оттоку ионов Na^+ и K^+ , раскрытию белковых каналов и увеличению транспорта молекул и ионов (16). При этом лазерное излучение способно приводить к существенной неоднородности температурного градиента в тканях. Это уже более заметно может влиять на константы скорости биохимических реакций (17). Протекание эндотермических химических реакций зависит не только от средней подводимой к реагентам тепловой энергии, но и скорости и частоты нагрева, которые могут влиять на константы термодинамических реакций. Однако в условиях целостного организма локальное изменение температуры может быть незначительным. Ранее нами показано корректирующее действие НИЛИ при стрессе на уровне целостного организма (18, 19).

С целью исключения возможного нагрева образцов в проведенных экспериментах был использован дробный режим, воздействие которого оказало сходные, но менее значимые эффекты. Вероятно, при действии НИЛИ нельзя исключать возможного нагрева тканей и связанных с этим повышением активности ферментов, в частности, $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATФазы}$. Тем не менее, проявление эффектов при дробном режи-

ме воздействия доказывает, что эффекты НИЛИ реализуются не только через нагрев тканей.

Выводы и заключение

Обсуждая влияние НИЛИ, следует отметить механизм прямого фотовозбуждения нестабильных электронных (колебательных, вращательных) состояний молекул или атомов, который описывается каскадом квантовых фотофизических явлений: прямое использование энергии кванта света на изменение квантовомеханического состояния молекулы фотоакцептора с последующим расходом энергии на разрыв или образование новых связей в этой молекуле или на усиление её химической активности (20). Учитывая, что НИЛИ может упорядочивающе воздействовать на жидкокристаллическую структуру липидного бислоя, а $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATФаза}$ является липидзависимым ферментом, можно предположить действие липидного окружения на выявленное повышение активности фермента при действии НИЛИ. Кроме того, лазерное излучение неспецифически действует на биополимеры (белки, липиды, мембраны). В результате такого воздействия меняется конформация молекул, а, следовательно, и их функциональное состояние (21).

Таким образом, действие НИЛИ вызывает повышение активности $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATФазы}$, сопряженное с повышением метаболических процессов в клетке, что может быть эффективным в коррекции стрессовой реакции организма.

Библиографический список:

1. Поносов С. В. Диагностика окислительного стресса у импортного крупного рогатого скота / С. В. Поносов // Пермский аграрный вестник. – 2016. – Том 3. – № 15. – С. 104–108.
2. Козак В. Л. Влияние стресса на здоровье животных и человека / В. Л. Козак // Практик. – 2007. – № 4. – С. 6–9.
3. Максимов В. И. Особенности антикоагуляционной и фибринолитической активности крови у здоровых поросят молочного питания / В. И. Максимов, И. Н. Медведев, А. В. Парахневич // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2014. – № 1. – С. 12–16.
4. Дерюгина А. В. Повышение адаптационного резерва телят неинвазивными методами антистрессовой терапии / А. В. Дерюгина, И. А. Куимов, М. Н. Иващенко, А. Г. Самоделькин [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2016. – № 12. – С. 81–86.
5. Мойсенко В. А. Показатель проницаемости эритроцитарных мембран в оценке функционального состояния организма / В. А. Мойсенко, Л. И. Антоненко, Л. Л. Аршинникова, К. Ш. Арутюнова, И. В. Пасько // Крымский терапевтический журнал. – 2007. – Том 2. – № 2. – С. 103–107.
6. Крылов В. Н. Электрофоретическая подвижность и активность Na, K-ATФазы эритроцитов у крыс при стрессе / В. Н. Крылов, А. В. Дерюгина, А. И. Константинова // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2014. – Том 100. – № 11. – С. 1297–1302.
7. Schleger R. A. Phosphatidylserine, death knell / R. A. Schleger, P. Williamson // Cell Death Differentiation. – 2001. – № 8. – P. 551–563.
8. Бояринов Г. А. Фармакологическая коррекция микроциркуляции крыс, перенесших черепно-мозговую травму / Г. А. Бояринов, А. В. Дерюгина, Е. И. Яковлева, Р. Р. Зайцев [и др.] // Цитология. – 2016. – Том 58 (8). – С. 610–617.
9. Казеннов А. М. Исследование активности Na, K-ATФазы в эритроцитах млекопитающих / А. М. Казеннов, М. Н. Маслова, А. Д. Шалабодов // Биохимия. – 1984. – Том 49. – № 7. – С. 1089–1094.
10. Маслова М. Н. Молекулярные механизмы стресса / М. Н. Маслова // Росс. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2005. – Том 91. – № 11. – С. 1320–1328.
11. Лопина О. Д. Na, K-ATФаза и сердечные гликозиды: новые функции известного белка / О. Д. Лопина // Росс. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2005. – Том 91 (2). – С. 157–168.

12. Blanco G. Isozymes of the Na, K-ATPase: heterogeneity in structure, diversity in function / G. Blanco, R. W. Mercer // *Amer. J. Physiol.* – 1998. – 275 (5). – P. 633–650.
13. Blanco G. Redox signaling: thiol chemistry defines which reactive oxygen and nitrogen species can act as second messengers / G. Blanco, M. Mercer // *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* – 2004. – 287 (2). – P. 246–256.
14. Akera T. Digitalis sensitivity of Na, K-ATPase, myocytes and herd / T. Akera, Y. C. Ng // *Life.Sci.* – 1991. – 48 (2). – P. 97–106.
15. Бабина Е. М. Влияние лазеротерапии на процессы перекисного окисления липидов и ее клиническая эффективность в комплексном лечении хронического бронхита / Е. М. Бабина, Д. Р. Ракита, А. К. Ушмаров, В. Я. Гармаш // сб. науч. тр. «Актуальные проблемы лазерной медицины». – Рязань. – 1993. – С. 57–58.
16. Каплан М. А. Лазерная терапия – механизмы и возможности / М. А. Каплан // Тезисы международной конференции «Laser Health'97». – М.: «Техника». – 1997. – С. 88–92.
17. Дерюгина А. В. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на показатели красной крови на фоне действия адреналина / А. В. Дерюгина, М. Н. Иващенко, А. С. Корягин, А. Г. Самоделькин [и др.] // *Естественные и технические науки.* – 2017. – № 12 (114). – С. 59–62.
18. Дерюгина А. В. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на функциональные показатели мембран эритроцитов при адреналовой токсемии / А. В. Дерюгина, Л. А. Воронина, М. Н. Иващенко, П. С. Игнатьев, А. Г. Самоделькин // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология.* – 2017. – № 12. – С. 64–69.
19. Гладких С. П. Триггерные молекулярные механизмы формирования биологических эффектов при низкоэнергетической лазерной терапии / С. П. Гладких, Ю. В. Алексеев, С. П. Истомин // Сборник «Использование лазеров для диагностики и лечения заболеваний». – М.: ЛАС. – 1996. – С. 7–11.
20. Чейда А. А. Влияние низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения на модели биологических систем / А. А. Чейда, М. А. Каплан, Е. Г. Ефимова, Ю. А. Холодов // – Иваново: ИвГМА, 2002. – 102 с.

References:

1. Ponosov S. V. Diagnostika oksislitel'nogo stressa u importnogo krupnogo rogatogo skota [Diagnosis of oxidative stress in imported cattle] / S. V. Ponosov // *Permskiy agrarniy vestnik.* – 2016. – Tom 3. – # 15. – S. 104–108.
2. Kozak V. L. Vliyaniye stressa na zdorove zhivotnykh i cheloveka [Influence of stress on the health of animals and humans] / V. L. Kozak // *Praktik.* – 2007. – # 4. – S. 6–9.
3. Maksimov V. I. Osobennosti antikoagulyatsionnoy i fibrinoliticheskoy aktivnosti krovi u zdorovykh porosyat molochnogo pitaniya [The features of anticoagulation and fibrinolytic activity of blood in healthy piglets milk supply] / V. I. Maksimov, I. N. Medvedev, A. V. Parahnevich // *Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya.* – 2014. – # 1. – S. 12–16.
4. Deryugina A. V. Povyisheniye adaptatsionnogo rezerva telyat neinvazivnyimi metodami antistressovoy terapii [Increasing the adaptive reserve of calves by non-invasive methods of anti-stress therapy] / A. V. Deryugina, I. A. Kuimov, M. N. Ivaschenko, A. G. Samodelkin [i dr.] // *Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya.* – 2016. – # 12. – S. 81–86.
5. Moysenko V. A. Pokazatel pronitsaemosti eritrotsitarnykh membran v otsenke funktsionalnogo sostoyaniya organizma [Increased permeability of erythrocyte membranes in the assessment of the functional state of the organism] / V. A. Moysenko, L. I. Antonenko, L. L. Arshinnikova, K. Sh. Arutyunova, I. V. Pasko // *Krymskiy terapevticheskiy zhurnal.* – 2007. – Tom 2. – # 2. – S. 103–107.
6. Kryilov V. N. Elektroforeticheskaya podvizhnost i aktivnost Na, K-ATFazy eritrotsitov u kryis pri stresse [Electrophoretic mobility and activity of Na, K-ATPase of red blood cells in rats under stress] / V. N. Kryilov, A. V. Deryugina, A. I. Konstantinova // *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I. M. Sechenova.* – 2014. – Tom 100. – # 11. – S. 1297–1302.
7. Vide supra.
8. Boyarinov G. A. Farmakologicheskaya korrektsiya mikrotsirkulyatsii kryis, pereneshih cherepnozgovuyu travmu [Pharmacological correction of microcirculation of rats with traumatic brain injury] / G. A. Boyarinov, A. V. Deryugina, E. I. Yakovleva, R. R. Zaytsev [i dr.] // *Tsitologiya.* – 2016. – Tom 58 (8). – S. 610–617.
9. Kazennov A. M. Issledovaniye aktivnosti Na, K-ATFazy v eritrotsitah mlekoпитayuschih [To study the activity of Na, K-ATPase in erythrocytes of mammals] / A. M. Kazennov, M. N. Maslova, A. D. Shalabodov // *Biohimiya.* – 1984. – Tom 49. – # 7. – S. 1089–1094.
10. Maslova M. N. Molekulyarnyye mekhanizmy stressa [Molecular mechanisms of stress] / M. N. Maslova // *Ross. fiziol. zhurn. im. I. M. Sechenova.* – 2005. – Tom 91. – # 11. – S. 1320–1328.
11. Lopina O. D. Na, K-ATFaza i serdechnyye glikozidy: novyye funktsii izvestnogo belka [Na, K-ATPase and cardiac glycosides: novel functions of a known protein] / O. D. Lopina // *Ross. fiziol. zhurn. im. I. M. Sechenova.* – 2005. – Tom 91 (2). – S. 157–168.
- 12–14. Vide supra.
15. Babina E. M. Vliyaniye lazeroterapii na protsessy perezisnogo okisleniya lipidov i ee klinicheskaya effektivnost v kompleksnom lechenii hronicheskogo bronhita [Influence of laser therapy on the processes of peroxide oxidation of lipids and its clinical efficacy in complex treatment of chronic bronchitis] / E. M. Babina, D. R. Rakita, A. K. Ushmarov, V. Ya. Garmash // sb. науч. тр. «Aktualnyye problemy lazernoy meditsiny». – Ryzan'. – 1993. – S. 57–58.
16. Kaplan M. A. Lazernaya terapiya – mekhanizmy i vozmozhnosti [Laser therapy – mechanisms and possibilities] / M. A. Kaplan // Тезисы международной конференции «Laser Health'97». – М.: «Техника». – 1997. – С. 88–92.
17. Deryugina A. V. Vliyaniye nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya na pokazateli krasnoy krovi na fone deystviya adrenalina [The influence of laser radiation on red blood indices on the background of the action of adrenaline] / A. V. Deryugina, M. N. Ivaschenko, A. S. Koryagin, A. G. Samodelkin [i dr.] // *Estestvennyye i tehnicheckie nauki.* – 2017. – # 12 (114). – S. 59–62.
18. Deryugina A. V. Vliyaniye nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya na funktsionalnyye pokazateli membran eritrotsitov pri adrenalovoy toksemii [The Influence of laser radiation on the functional parameters of erythrocyte membranes in the adrenal toxemia] / A. V. Deryugina, L. A. Voronina, M. N. Ivaschenko, P. S. Ignat'ev, A. G. Samodelkin // *Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya.* – 2017. – # 12. – S. 64–69.
19. Gladkih S. P. Triggernyye molekulyarnyye mekhanizmy formirovaniya biologicheskikh effektov pri nizkoenergeticheskoy lazernoy terapii [Trigger molecular mechanisms of biological effects formation in low-energy laser therapy] / S. P. Gladkih, Yu. V. Alekseev, S. P. Istomin // *Sbornik «Ispolzovanie lazеров dlya diagnostiki i lecheniya zabolevaniy».* – М.: ЛАС. – 1996. – С. 7–11.
20. Chayda A. A. Vliyaniye nizkointensivnogo infrakrasnogo lazernogo izlucheniya na modeli

Deryugina A. V., Samodelkin A. G., Ivashchenko M. N., Ignatiev P. S., Skvortsova G. A., Sidey K. R.

ATP AND ACTIVITY OF Na⁺ + -K⁺ -ATPHASE ERYTHROCYTES OF CATTLE WITH LOW-INTENSITY LASER RADIATION

Key Words: wlow-intensity laser radiation, ATP, Na⁺-K⁺-ATPase of erythrocytes, technological stress, cattle.

Abstract: The complication of production processes in cattle breeding, the concentration of animals in limited surfaces, and a high branch mechanization make more frequent the development of stress reaction and provoke metabolic disorders. That's why the increase of animal resilience to environmental factors is of current importance now. Such increase of resilience must be done by methods which would be accessible, not expensive, and easy to use in each enterprise. Laser radiation, a sort of non-ionizing electromagnetic radiation is largely used in the veterinary. However, the question of mechanisms by which the laser radiation could make any biological influence on the animal organism is still open. The cell homeostatic indices in no small degree depend on the number of ATP, which represents a phosphate donor for various intracellular reactions, as well as on the Na⁺/K⁺-ATPase activity. For its turn, Na⁺/K⁺-ATPase takes part in the regulation of cell ion balance. Based on the above the research purpose is defined as to study the influence of LILR on the ATP concentration and the Na⁺/K⁺-ATPase activity of cattle RBC. The study object was the whole blood of physiologically healthy black-and-white cows suffered a technology stress (experimental group) and the blood of not stressed animals (control group). The blood of both groups was irradiated for 15 minutes. Both fractional and maintained irradiations were used during the experiment. The therapeutic laser apparatus "Uspekhh" ("Voskhod", Russia) was used as a source of irradiation. It's a compact autonomous matrix consisting of 10 laser diodes. It works at 890 nm wavelength, on pulse frequency 80 Hz. The total peak-pulse power of the radiation is 30W. The minimum value of average power density in the plane of the output window was 193 μW/cm². The surface of the outlet is 20 cm². The fractional irradiation was chosen in order to except a heating of specimen because if the LILR takes place it's impossible to except the heating of tissues which provokes the increase of ferment activity. In particular, it concerns the Na⁺/K⁺-ATPase activity. The study of the ATP concentration and the Na⁺/K⁺-ATPase activity showed that the indices decreased relative to the values of the control group in stress. The LILR use by maintained as well as by fractional irradiation predetermined the increase of the indices. However, more significant changes were registered after the maintained irradiation. So, the ATP concentration in RBC and the Na⁺/K⁺-ATPase activity increased three times and they were higher than the control animal values. So, the research proves that the LILR influence may be effective to correct the organism stress reaction and the LILR effects may be realized not only by the tissue heating.

Сведения об авторах:

Дерюгина Анна Вячеславовна, доктор биол. наук, доцент, заведующая кафедрой физиологии и анатомии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»; д. 23, проспект Гагарина, г. Нижний Новгород, Россия, 603950; тел.: +7 (831) 462 32 11; e-mail: derugina69@yandex.ru

Самоделькин Александр Геннадьевич, доктор биол. наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и биохимии животных ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» Министерства сельского хозяйства РФ; д. 97, проспект Гагарина, г. Нижний Новгород, Россия, 603107; тел.: +7 (831) 462 66 56, e-mail: kafedra2577@mail.ru

Ивашченко Марина Николаевна, канд. биол. наук, доцент кафедры физиологии и биохимии животных ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» Министерства сельского хозяйства РФ; д. 97, пр. Гагарина, г. Нижний Новгород, Россия, 603107; тел.: +7 (831) 462 66 56, e-mail: marina.31@rambler.ru

Игнатьев Павел Сергеевич, канд. физико-математических наук, начальник отделения медицинских изделий и микроскопии АО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод им. Э. С. Яламова»; д. 33-б, ул. Восточная, г. Екатеринбург, Россия, 620100; тел.: +7 (343) 229 80 75. e-mail: kancelyariya@uomz.com

Скворцова Галина Алексеевна, студентка института биологии и биомедицины ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»; д. 23, пр. Гагарина, г. Нижний Новгород, Россия, 603950; тел.: +7 (831) 462 32 11, e-mail: kafedra2577@mail.ru

Сидей Кристина Руслановна, студентка института биологии и биомедицины ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»; д. 23, пр. Гагарина, г. Нижний Новгород, Россия, 603950; тел.: +7 (831) 462 32 11, e-mail: kafedra2577@mail.ru

Author affiliation:

Deryugina Anna Vyacheslavovna, D. Sc. in Biology, Associate Professor, Head of the Department of Physiology and Anatomy of the Institute of Biology and Biomedicine of FSAEI HPE «National Research Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky»; house 23, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod city, Russia, 603950; phone: +7 (831) 462 32 11; e-mail: derugina69@yandex.ru

Samodelkin Alexander Gennad'evich, D. Sc. in Biology, Professor, Head of the Department of Physiology and Biochemistry of Animals of the FSBEI HPE «Nizhny Novgorod State Agricultural Academy» of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation; house 97, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod city, Russia, 603107; phone: +7 (831) 462 66 56, e-mail: kafedra2577@mail.ru

Ivaschenko Marina Nikolaevna, Ph. D in Biology, Associate Professor of the Department of Physiology and Biochemistry of Animals of the FSBEI HPE «Nizhny Novgorod State Agricultural Academy» of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation; house 97, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod city, Russia, 603107; phone: +7 (831) 462 66 56; e-mail: marina.31@rambler.ru

Ignat'ev Pavel Sergeevich, Ph. D in Physics and Mathematics, Head of the Department of Medical Products and Microscopy of JSC «Production Association Ural Optical and Mechanical Plant named after E. S. Yalamova»; house 33-b, Vostochnaya str., Yekaterinburg city, Russia, 620100; phone: +7 (343) 229 80 75; e-mail: kancelyariya@uomz.com

Skvortsova Galina Alekseevna, Student of the Institute of Biology and Biomedicine of FSAEI HPE «National Research Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky»; house 23, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod city, Russia, 603950; phone: +7 (831) 462 32 11, e-mail: kafedra2577@mail.ru

Sydey Kristina Ruslanovna, Student of the Institute of Biology and Biomedicine of FSAEI HPE «National Research Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky»; house 23, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod city, Russia, 603950; phone: +7 (831) 462 32 11, e-mail: kafedra2577@mail.ru

УДК 636.611:018.54

Пономарев А. П.

ОЧИСТКА СЫВОРОТКИ КРОВИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ОТ КОНТАМИНИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Ключевые слова: бактерии, биосубстрат, микрофилтрация, лантаноиды, сыворотка крови, экстракт шунгита, сепаратор.

Резюме: В работе приведены результаты исследований по очистке сыворотки крови крупного рогатого скота от контаминирующих агентов. Сущность предлагаемого метода очистки заключается в том, что к сыворотке, прошедшей этап осветления пропуском через микрофильтр