

**М.Н. Иващенко, кандидат биологических наук**

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия  
РФ, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97

**А.В. Дерюгина, доктор биологических наук**

Институт биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»  
РФ, 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

**П.С. Игнатъев, кандидат физико-математических наук**

Уральский оптико-механический завод им. Э.С. Яламова  
РФ, 620100, г. Екатеринбург, ул. Восточная, 33 Б

**В.Б. Метелин, кандидат биологических наук**

Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского  
РФ, 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2

**М.Н. Таламанова, кандидат биологических наук**

Институт биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»  
РФ, 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

**А.А. Белов, В.А. Петров, аспиранты**

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия  
РФ, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97

E-mail: kafedra2577@mail.ru

УДК: 57.013:612.1

DOI:10.30850/vrsn/2021/1/67-71

## МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭРИТРОЦИТОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ СТРЕССЕ И ЕГО КОРРЕКЦИИ НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ\*

В работе проведено исследование содержания малонового диальдегида (МДА), электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ), спектра белков эритроцитарной мембраны и морфологии эритроцитов крови крупного рогатого скота в экспериментах *in vitro* при стрессе и воздействии низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ). Клинические и экспериментальные исследования, проведенные в последнее десятилетие, свидетельствуют о возможности модуляции адаптационных реакций организма при воздействии на него таких физических факторов, как низкоинтенсивное лазерное излучение. В работе показано, что действие НИЛИ на кровь стрессированных животных вызывало восстановление исследуемых показателей до уровня физиологической нормы, тогда как у животных, перенесших технологический стресс, ЭФПЭ была снижена на 31 %, концентрация МДА повышалась на 65 %. Воздействие НИЛИ на кровь нестрессированных животных не приводило к изменению ЭФПЭ и концентрации МДА. Исследование белкового спектра мембран эритроцитов животных, подвергшихся технологическому стрессу выявило, что содержание спектрина уменьшалось на 16 %, гликофорина С увеличилось на 35 %, морфология эритроцитов после стресса характеризовалась увеличением количества эхиноцитов, стоматоцитов и дегенеративно-измененных эритроцитов. При действии НИЛИ на эритроциты коров после стресса наблюдалось восстановление морфологии клеток и содержания белков эритроцитарных мембран к уровню контроля.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное лазерное излучение, крупный рогатый скот, эритроциты, электрофоретическая подвижность эритроцитов, перекисное окисление липидов, белки мембраны, морфология.

**M.N. Ivashchenko, PhD in Biological sciences**

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy  
RF, 603107, g. Nizhnij Novgorod, pr. Gagarina, 97

**A.V. Deryugina, Grand PhD in Biological sciences**

Institute of biology and Biomedicine of the Lobachevsky national research Nizhny Novgorod state University  
RF, 603950, g. Nizhnij Novgorod, pr. Gagarina, 23

**P.S. Ignatiev, PhD in Physical and Mathematical sciences**

E.S. Yalov JSC Production Association Ural optical and mechanical  
RF, 620100, g. Ekaterinburg, ul. Vostochnaya, 33 B

**V.B. Metelin, PhD in Biological sciences**

M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute  
RF, 129110, g. Moskva, ul. Shchepkina, 61/2

**M.N. Talamanova, PhD in Biological sciences**

Institute of biology and Biomedicine of the Lobachevsky national research Nizhny Novgorod state University  
RF, 603950, g. Nizhnij Novgorod, pr. Gagarina, 23

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-016-00195 / The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research as a scientific study No. 18-016-00195.

A.A. Belov, V.A. Petrov, *PhD students*  
 Nizhny Novgorod State Agricultural Academy  
 RF, 603107, g. Nizhny Novgorod, pr. Gagarina, 97  
 E-mail: kafedra2577@mail.ru

## MORPHOFUNCTIONAL PARAMETERS OF CATTLE ERYTHROCYTES UNDER STRESS AND ITS CORRECTION BY LOW-INTENSITY LASER RADIATION

*The study investigated the content of malondialdehyde (MDA), the electrophoretic mobility of erythrocytes (EPME), the spectrum of erythrocyte membrane proteins and the morphology of cattle erythrocytes in in vitro experiments under stress and exposure to low-intensity laser radiation (LLLT). Clinical and experimental studies carried out in the last decade indicate the possibility of modulating the organism adaptive reactions when exposed to such physical factors as low-intensity laser radiation. The work showed that the effect of LLLT on the blood of stressed animals caused the restoration of the studied parameters to the level of physiological norms, while in animals that underwent technological stress, EPME was reduced by 31 %, MDA concentration was increased by 65 %. The effect of LLLT on the blood of unstressed animals did not lead to a change in EPME and MDA concentration. The study of the protein spectrum of erythrocyte membrane of animals subjected to technological stress revealed that the content of spectrin decreased by 16 %, glycophorin C increased by 35 %, the morphology of erythrocytes after stress was characterized by an increase in the number of echinocytes, stomatocytes and degeneratively altered erythrocytes. Under the LLLT action on the cow erythrocytes after stress there was a restoration of the morphology of cells and the content of proteins of erythrocyte membranes to the control level.*

**Key words:** low-intensity laser radiation, cattle, erythrocytes, electrophoretic mobility of erythrocytes, lipid peroxidation, membrane proteins, morphology.

Создание крупных комплексов с внедрением новых способов организации и технологий привело к широкому проявлению технологических стрессов у сельскохозяйственных животных, в результате которых снижается естественная резистентность и уровень гуморального иммунитета их организма. Кроме того, создаются условия для активизации условно-патогенной микрофлоры, что приводит к расстройству пищеварения, респираторным патологиям, снижению продуктивности, повышению заболеваемости и летальности животных. [2] Разработка методов, повышающих естественную резистентность животных и обладающих адаптогенным действием при стрессе – актуальная проблема животноводства и ветеринарной медицины.

Разработано и апробировано много препаратов, обладающих антистрессовым действием на организм животных. К ним относятся транквилизаторы, антиоксиданты, различные минерально-витаминные комплексы, солевые композиции и другие. Исследования по данной проблеме продолжаются, они направлены на изыскание новых, более действенных, доступных и дешевых средств с высокой технологичностью их применения и не аккумулирующихся в организме. [13]

По нашему мнению, одно из таких средств – низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ). Оно широко применяется в различных областях ветеринарии. Известно, что НИЛИ повышает естественную резистентность телят в раннем постнатальном онтогенезе, улучшает показатели молока, благотворно влияет на ослабленных животных с более низкой массой тела, стимулирует активность гонадотропных желез, а также широко используется для профилактики и лечения послеродового эндометрита. [5, 9] При этом внедрение НИЛИ в практику идет, преимущественно, эмпирическим путем. Изучение механизмов его взаимодействия с живыми организмами и расширение сферы применения, представляют актуальную задачу для дальнейшего развития животноводства и ветеринарной медицины.

По реакции крови на лазерное облучение можно получить важную информацию о механизме воз-

действия НИЛИ, но такие исследования в литературе представлены незначительно. [7]

Электромагнитная природа НИЛИ предполагает возможность его взаимодействия с множеством регуляторных механизмов в живых системах. НИЛИ может уменьшать процессы перекисного окисления липидов, оказывая упорядочивающее воздействие на жидкокристаллическую структуру липидного бислоя, которая накладывает ограничения на протекание процессов свободнорадикального окисления. [11] Кроме того, выявлена активация антиоксидантной защиты. [8] Такое действие, вероятно, влияет на структуру мембран эритроцитов, которая определяет их поверхностный заряд. Диссоциация кислотных и основных групп поверхности мембраны создает мозаику отрицательных и положительных зарядов и вследствие преобладания кислотных групп, эритроцит несет на своей поверхности избыточный отрицательный заряд. [4] Увеличение ЭФПЭ при действии НИЛИ наблюдается на фоне сохранения дискоидальной формы эритроцитов, что связано с перераспределением зарядов по глубине гликокаликса, так как изменяется взаимодействие интегральных и периферических белков. [12]

Изучение структурно-функциональной организации эритроцитов при стрессе и воздействии НИЛИ позволит расширить существующие представления о его действии и повысить эффективность внедрения в практику.

Цель работы – исследовать воздействие НИЛИ на электрофоретическую подвижность эритроцитов (ЭФПЭ), концентрацию малонового диальдегида (МДА), белковый спектр мембран и морфологию эритроцитов крупного рогатого скота в экспериментах *in vitro*.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – цельная кровь физиологически здоровых коров *черно-пестрой* породы, перенесших технологический стресс (опытные группы) и кровь нестрессированных животных (контроль).

Стресс был вызван формированием групп животных, взвешиванием, ветобработкой.

Группы, по 10 гол. в каждой, формировали по полу, возрасту, средней живой массе и фенотипическим признакам. Кровь животных подопытных групп подвергали облучению в течение 15 мин. с последующим исследованием ЭФПЭ, определением концентрации МДА в эритроцитах, белкового спектра эритроцитарных мембран и морфологии эритроцитов. Через час после облучения кровь три раза центрифугировали при 3000 об./мин. 10 мин. Контролем служила необлученная кровь тех же животных.

Кровь облучали в чашках Петри диаметром 3 см, на расстоянии 1 см от поверхности клеточных мембран. Применяли лазерный терапевтический комплекс – автономный лазерный душ «МарСИК» (НПО «Петролазер», Санкт-Петербург), длиной волны излучения 890 нм. В каждой серии исследовали 10 проб.

Для оценки ЭФПЭ готовили взвесь отмытых эритроцитов путем трехкратного центрифугирования при 1500 об./мин. в течение 10 мин. с 0,9 %-м раствором хлористого натрия. Суспензию клеток разводили в 10 мМ трис HCl буфере (рН 7,4) и измеряли ЭФПЭ методом микроэлектрофореза с использованием цитоферометра нашей модификации. [3]

Интенсивность перекисного окисления липидов определяли методом абсорбционной спектрофотометрии по содержанию ТБК-активных продуктов липопероксидации, среди которых наиболее массовой – малоновый диальдегид (МДА). Определяли МДА по общепринятой методике с модификациями. [14]

Белки мембран эритроцитов разделяли с помощью электрофореза в полиакриламидном геле в присутствии додецил-сульфата натрия (ДСН-ПААГ), для электрофореза в ДСН-ПААГ применяли метод Лэммли [15] с использованием камеры Mini-PROTEAN Tetra Cell (Bio-Rad, USA), комплексную фазометрию эритроцитов осуществляли методом лазерной модуляционной интерференционной микроскопии на МИМ-340 (г. Екатеринбург). Источником когерентного излучения служил полупроводниковый лазер с длиной волны 655 нм и объектив с увеличением x20, разрешение по поверхности до 15 нм, по вертикали – 0,1 нм, возможность контроля изделий с глубиной рельефа до 600 нм. Для захвата изображений применяли ПЗС-видеокамеру VS-415U (НПК «Видеоскан», Россия) с разрешением 782x582 пикселей. Регистрировали морфологию нативных клеток без предварительной фиксации, что позволило визуализировать их модификацию в режиме реального времени.

Полученные данные обрабатывали с помощью программы BIOSTAT. Рассчитывали среднюю арифметическую и ее ошибку ( $M \pm m$ ), достоверность разницы ( $p$ ) по критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе исследования было выявлено, что у перенесших технологический стресс животных ЭФПЭ была снижена на 31 %, концентрация МДА повышена на 65 % относительно значений контрольной группы животных (табл. 1). Воздействие НИЛИ на кровь нестрессированных животных не приводило

Таблица 1.  
Электрофоретическая подвижность  
и концентрация МДА эритроцитов исследуемых групп ( $M \pm m$ )

Группа животных	ЭФПЭ (мкм см В <sup>-1</sup> с <sup>-1</sup> )	МДА (нМоль/мл)
Интактные (контроль)	1,09±0,08	2,04±0,33
Интактные после воздействия НИЛИ	1,01±0,10	2,25±0,31
Стрессированные	0,75±0,07*	3,37±0,45*
Стрессированные после воздействия НИЛИ	1,09±0,11	2,79±0,43

\* – статистически значимые различия относительно показателей интактной группы,  $p < 0,05$ . То же в табл. 2, 3.

к изменению ЭФПЭ и концентрации МДА относительно показателей коров интактных. Под действием НИЛИ показатели крови стрессированных животных восстанавливались до физиологической нормы (контрольная группа).

Исследование белкового спектра эритроцитарных мембран выявило, что действие НИЛИ на кровь интактных животных вызывало достоверное снижение концентрации спектрина и увеличение количества гликофорина С (табл. 2). Содержание спектрина уменьшалось на 16 %, гликофорина С увеличилось на 35 %. В крови стрессированных животных у эритроцитов отмечено снижение концентрации спектрина на 21 %, белка полосы 3 на 6 %, гликофорина С на 18 % относительно эритроцитов животных контрольной группы ( $p < 0,05$ ). При действии НИЛИ на эритроциты коров, подвергшихся технологическому стрессу, восстанавливалось содержание белков эритроцитарных мембран к уровню контроля.

Анализ параметров фазово-интерференционных портретов функционирующих эритроцитов показал, что воздействие НИЛИ не вызывало значимых изменений морфологических форм интактных клеток (табл. 3). При стрессе уменьшилось количество дискоцитов, эхиноцитов значительно увеличилось (в 7 раз относительно контрольной группы), стоматоцитов (в 3 раза) и дегенеративно-измененных форм (в 4,5 раза). Анализируя морфологические параметры эритроцитов, подвергшихся стрессу, а затем действию НИЛИ, установлено увеличение количества дискоцитов за счет уменьшения эхиноцитов.

**Выводы.** Обсуждая полученные эффекты действия НИЛИ на эритроциты животных, следует отметить, что негативные процессы, вызванные действием стресса, такие как уменьшение ЭФПЭ, рост перекисного окисления липидов и увеличение патогенных форм эритроцитов, нивелировались при использовании НИЛИ. Стабилизирующее действие НИЛИ на показатели красной крови при моделировании стресс-реакции в эксперименте на животных были отмечены нами ранее. [6]

Действие НИЛИ реализуется не только через ингибирование процессов липопероксидации, но и через изменение состава сиалогликопротеинов и белков цитоскелета. Выявленные белок-липидные изменения, вероятно, могут лежать в основе увеличения деформируемости эритроцитов, показанной в ряде работ по исследованию действия НИЛИ. [1, 10] В свою очередь, отмеченное в нашей работе увели-

Таблица 2.

Характеристика белков эритроцитарных мембран исследуемых групп животных (%)

Показатель	Группа животных			
	Интактные (контроль)	Интактные после воздействия НИЛИ	Стрессированные	Стрессированные после воздействия НИЛИ
Спектрин	24,13±1,44	20,35±0,97*	19,03±1,05*	22,19±1,16
Анкирин	2,75±0,15	3,52±0,21	2,05±0,25*	2,91±0,22
Белок п.3	25,22±1,05	24,09±1,13	23,75±1,01*	24,83±1,57
Белок п.4,1	10,74±1,56	12,17±1,32	13,98±1,09	11,91±2,11
Гликофорин А	9,18±1,05	11,04±0,99	11,91±0,85	9,81±1,84
Белок п.4.9	10,88±1,03	8,69±0,72	11,99±1,22	10,09±1,21
Актин	4,88±0,85	3,57±0,76	7,25±2,06	4,69±0,64
Гликофорин С	12,22±0,94	16,57±1,76*	10,04±0,73*	11,56±0,89

Таблица 3.

Морфологические формы эритроцитов в исследуемых группах (%)

Группа животных	Морфология эритроцита			
	Дискоциты	Эхиноциты	Стоматоциты	Дегенеративно-измененные
Интактные (контроль)	87,26±1,15	7,89±0,98	3,32±0,12	1,53±0,22
Интактные после воздействия НИЛИ	88,95±1,64	6,89±0,85	3,01±0,48	1,15±0,32
Стрессированные	27,14±2,32*	56,95±1,12*	10,59±1,00*	5,32±0,87*
Стрессированные после воздействия НИЛИ	69,14±4,68*	18,42±2,78*	8,19±0,75*	4,25±0,66*

чение электроотрицательности мембран эритроцитов и, следовательно, позитивное изменение их микрореологических свойств, может определить улучшение газотранспортной функции и метаболических процессов в организме. Установлена высокая корреляция между изменениями свойств мембран форменных элементов крови и характеристиками гомеостаза клеток внутренних органов. Таким образом, НИЛИ может оказывать корректирующее действие и стимулировать процессы защиты и адаптации, то есть механизмы саногенеза животных с нарушенными функциями гомеостаза вследствие действия различных стрессовых и патогенных факторов.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Асимов, М.М. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на тепловую денатурацию оксигемоглобина и гемолиз эритроцитов / М.М. Асимов, Р.М. Асимов, А.Н. Батын и др. // Журнал прикладной спектроскопии. – 2013. – № 2 (80). – С. 287–290.
2. Бантикова, Т.Н. Влияние антиоксидантного препарата на биохимические показатели сыворотки крови при профилактике технологического стресса поросят / Т.Н. Бантикова, Р.Ф. Тухфатова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2016. – № 6. – С. 90–93.
3. Бояринов, Г.А. Фармакологическая коррекция микроциркуляции крыс, перенесших черепно-мозговую травму / Г.А. Бояринов, А.В. Дерюгина, Е.И. Яковлева и др. // Цитология. – 2016. – № 8 (58). – С. 610–617.
4. Гаврилюк, В.П. Структурно-функциональные свойства эритроцитов при остром панкреатите: автореф. дис. ...докт. биол. наук. – Курск. – 2008. – 124 с.
5. Грига, Э.Э. Использование низкоинтенсивного лазерного излучения для профилактики и лечения послеродового эндометрита у коров / Э.Э. Грига, И.Н. Локтева, Э.Н. Грига и др. // Вестник ветеринарии. – 2008. – № 1 (44). – С. 68–69.

6. Дерюгина, А.В. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на показатели красной крови на фоне действия адреналина / А.В. Дерюгина, М.Н. Иващенко, А.С. Корягин и др. // Естественные и технические науки. – 2017. – № 12 (114). – С. 59–62.
7. Залеская, Г.А. Взаимодействие низкоинтенсивного лазерного излучения с кровью и ее компонентами / Г.А. Залеская, Е.Г. Самбор // Журнал прикладной спектроскопии. – 2005. – № 2 (72). – С. 230–235.
8. Золотарева, Т.А. Экспериментальное исследование антиоксидантного действия низкоинтенсивного лазерного излучения инфракрасного диапазона / Т.А. Золотарева, А.Я. Олешко, Т.И. Олешко // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 2001. – № 3. – С. 3–5.
9. Новикова, О.Н. Санитарно-гигиенические показатели молока при облучении вымени НИЛИ / О.Н. Новикова // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2014. – № 1. – С. 35–38.
10. Пашкевич, И.А. Система крови и запрограммированная гибель кровяных клеток в условиях свинцовой интоксикации / И.А. Пашкевич, Ю.А. Успенская, В.В. Нефедова, А.Б. Егорова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2002. – № 1 (1). – С. 103–106.
11. Срубилин, Д.В. Структурно-функциональные нарушения эритроцитов и их коррекция низкоинтенсивным лазерным излучением при субхронической интоксикации дихлорэтаном / Д.В. Срубилин, Д.А. Еникеева, И.Д. Исакови // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – № 4 (19). – С. 105–108.
12. Фаллер, Д. Молекулярная биология клетки / Д. Фаллер, Д. Шилдс – М.: БИНОМ Пресс, 2003. – 272 с.
13. Химичева, С.Н. Коррекция технологического стресса у молодняка крупного рогатого скота / С.Н. Химичева, Л.Д. Самусенко // Биология в сельском хозяйстве. – 2016. – № 4 (13). – С. 10–13.

14. Heath, R.L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts 1. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation/ R.L. Heath, L. Packer // Arch. Biochem. Biophys. – 1968. – № 125. – P. 189–198.
15. Laemmli, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage / U.K. Laemmli // Nature. – 1970. – № 227 (5259). – P. 680–685.
7. Zalesskaya, G.A. Vzaimodejstvie nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya s krv'yu i ee komponentami / G.A. Zalesskaya, E.G. Sambor // ZHurnal prikladnoj spektroskopii. – 2005. – № 2 (72). – S. 230–235.
8. Zolotareva, T.A. Eksperimental'noe issledovanie antioksidantnogo dejstviya nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya infrakrasnogo diapazona / T.A. Zolotareva, A.YA. Oleshko, T.I. Oleshko // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizkul'tury. – 2001. – № 3. – S. 3–5.
9. Novikova, O.N. Sanitarno-gigienicheskie pokazateli moloka pri obluchenii vymeni NILI / O.N. Novikova // Zhivotnovodstvo i veterinarnaya medicina. – 2014. – № 1. – S. 35–38.

#### LIST OF SOURCES

1. Asimov, M.M. Vliyanie nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya na teplovuyu denaturaciyu oksigemoglobina i gemoliz eritrocitov / M.M. Asimov, R.M. Asimov, A.N. Batyan i dr. // ZHurnal prikladnoj spektroskopii. – 2013. – № 2 (80). – S. 287–290.
2. Bantikova, T.N. Vliyanie antioksidantnogo preparata na biokhimicheskie pokazateli syvorotki krovi pri profilaktike tekhnologicheskogo stressa porosyat/ T.N. Bantikova, R.F. Tuhfatova //Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. – 2016. – № 6. – S. 90–93.
3. Boyarinov, G.A. Farmakologicheskaya korrekciya mikrocirkulyacii krysa, perenesshih cherepno-mozgovuyu travmu / G.A. Boyarinov, A.V. Deryugina, E.I. YAKovleva i dr. // Citologiya. – 2016. – № 8 (58). – S. 610–617.
4. Gavriljuk, V.P. Strukturno-funkcional'nye svojstva eritrocitov pri ostrom pankreatite: avtoref. dis. ...dokt. biol. nauk. – Kursk. – 2008. – 124 s.
5. Griga, E.E. Ispol'zovanie nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya dlya profilaktiki i lecheniya poslerodovogo endometrita u korov / E.E. Griga, I.N. Lokteva, E.N. Griga i dr. // Vestnik veterinarii. – 2008. – № 1 (44). – S. 68–69.
6. Deryugina, A.V. Vliyanie nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya na pokazateli krasnoj krovi na fone dejstviya adrenalina / A.V. Deryugina, M.N. Ivashchenko, A.S. Koryagin i dr. // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2017. – № 12 (114). – S. 59–62.
10. Pashkevich, I.A. Sistema krovi i zaprogrammirovannaya gibel' krovotvornyh kletok v usloviyah svincovoj intoksikacii / I.A. Pashkevich, Yu.A. Uspenskaya, V.V. Nefedova, A.B. Egorova // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2002. – № 1 (1). – S. 103–106.
11. Srubilin, D.V. Strukturno-funkcional'nye narusheniya eritrocitov i ih korrekciya nizkointensivnym lazernym izlucheniem pri subhronicheskoj intoksikacii dihloretanom / D.V. Srubilin, D.A. Enikeeva, I.D. Isakovi // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. – 2012. – № 4 (19). – S. 105–108.
12. Faller, D. Molekulyarnaya biologiya kletki / D. Faller, D. SHilds – M.: BINOM\_Press, 2003. – 272 s.
13. Himicheva, S.N. Korrekciya tekhnologicheskogo stressa u molodnyaka krupnogo rogatogo skota / S.N. Himicheva, L.D. Samusenko // Biologiya v sel'skom hozyajstve. – 2016. – № 4 (13). – S. 10–13.
14. Heath, R.L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts 1. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation/ R.L. Heath, L. Packer // Arch. Biochem. Biophys. – 1968. – № 125. – P. 189–198.
15. Laemmli, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage / U.K. Laemmli // Nature. – 1970. – № 227 (5259). – R. 680–685.