

Н. А. Гарская, А. В. Ткачев

Морфофункциональные особенности эритроцитов крови хряков в условиях эколого-технологического стресса и их влияние на лейкоцитарный состав крови

Аннотация.

Цель: изучить возможности реагирования эритроцитов крови хряков на условия эколого-технологического стресса, установить возможные референтные интервалы их морфофункциональных показателей и оценить их влияние на лейкоцитарный состав крови.

Материалы и методы. Обследованию на первом этапе подвергались все основные хряки полтавской мясной породы племенного стада. В соответствии с возможностями обеспечения кислородного бюджета организма хряков разделили на две группы по принципу пар-аналогов. Контрольную (I) группу составили хряки, у которых показатели количества эритроцитов и гемоглобина соответствовали референтным интервалам, указанным в литературе. Опытную группу (II) составили животные, не вошедшие в контрольную группу. Все животные были клинически здоровы и относились к классам элита и первый. В качестве стрессоров выступали эколого-технологические факторы. В крови определяли: количество эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, лейкоцитарную картину крови. Вычисляли: гемоглобиновый индекс (цветовой показатель), содержание гемоглобина в 1 эритроците (пг) (MCH). Для характеристики стадии стресса использовали интегральный гематологический индекс соотношения лимфоцитов и нейтрофилов – лейкоцитарный индекс.

Результаты. Большинство обследованных хряков стада (64,7±1,3 %) имели в условиях хозяйства, в целом, более сформированные механизмы адекватного реагирования на действия стресс-факторов, которые проявлялись в поддержании в крови количества эритроцитов и гемоглобина на уровне литературных референтных интервалов. В условиях эколого-технологического стресса, с вероятностью 95 %, установленный нами референтный интервал по показателю количества эритроцитов в крови у хряков контрольной группы составил $5,63-7,12 \times 10^{12}/л$, по показателю количество гемоглобина в крови – 100,54-115,65 г/л. После «отбора животных» по «физиологическим» показателям эритроцитов и гемоглобина средние значения эритроцитарных индексов у хряков контрольной группы достоверно снизились по сравнению с опытной группой. У хряков с достаточным физиологическим уровнем обеспечения кислородного бюджета организма стресс-реакция проходила без напряжения функциональных возможностей организма. Наблюдалось более стабильное, меньшее значение уровня изменчивости объёмного показателя нейтрофилов и лимфоцитов в крови, достоверно более высокое, но не выходящее из литературных референтных интервалов, содержание моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов в крови.

Заключение. Действие эколого-технологических факторов у хряков, несомненно, приводит к развитию стресс-реакции и вызывает изменения в составе крови как в эритроцитарном, так и в лейкоцитарном её звене. При этом уровень и направленность адаптивных реакций зависят от возможностей обеспечения кислородного бюджета организма.

Ключевые слова: хряки, эритроциты, лейкоциты, морфофункциональные показатели, эколого-технологический стресс.

Авторы:

Гарская Наталья Александровна — кандидат биологических наук; Луганский государственный педагогический университет; 91011, Россия, г. Луганск, ул. Оборонная, 2; e-mail: Natalya_G@bk.ru.

Ткачёв Александр Владимирович — доктор сельскохозяйственных наук; профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева, Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 14; e-mail: alex.tkachev@rgau-msha.ru.

Введение. Современная промышленная технология получения продукции свиноводства не отвечает эволюционно сложившимся физиологическим особенностям организма свиней [1] и вызывает несоответствие между биологической природой организма, его физиологическими возможностями и окружающей средой [2]. Многие необходимые технологические приёмы, используемые в современном свиноводстве в течение всего технологического цикла, являются сильнейшими стресс-факторами и сопровождаются развитием стрессового состояния у животных [3]. Имеется мнение, что влияние технологических факторов в настоящих условиях ведения животноводства имеет большее значение, чем природно-климатические [4]. Установлено, что характер реакции животных на метеорологические параметры зависит от используемых производственных систем [5].

В то же время, согласно мнению некоторых авторов, создание на комплексе и в специализированных хозяйствах оптимальной среды обитания сопряжено с трудностями не только в связи с физиологическими особенностями организма животных, но и с экологическими факторами внешней среды природного региона, неоднократно меняющимися на протяжении календарного года [6].

Поскольку устранить многие из технологических и экологических стресс-факторов невозможно, то первостепенное значение приобретает поиск механизмов их неблагоприятного сочетанного воздействия на различные системы жизнеобеспечения, прежде всего — на систему крови, с целью их смягчения.

Повышенный интерес исследователей к эритроциту обусловлен его участием в процессах, связанных с поддержанием гомеостаза на уровне целого организма [7]. Влияние стресс-реакции на эритроциты, в настоящее время, не вызывает сомнения. Стрессовые факторы влияют на морфологию эритроцитов и их функции у разных видов [8-10], в том числе и у свиней [11]. Однако, если данные по изменению уровня лейкоцитов в крови при стрессе общеизвестны и приняты в качестве критериев, то представленные в литературе данные по эритроцитам - противоречивы. Рядом авторов показано, что стресс как общая неспецифическая реакция организма способствует уменьшению количества эритроцитов и гемоглобина в периферической крови, способствуя развитию анемии [12-14]. Некоторые авторы указывают, что при действии стресс-факторов отмечается увеличение количества эритроцитов и гемоглобина в крови [15-16]. В своей работе мы решили проследить взаимосвязь показателей, характеризующих протекание стресс-реакции, с показателями эритроцитов, характеризующими функциональную дееспособность на уровне целого организма. Мы считаем, что для дальней-

шего совершенствования технологических условий разведения и содержания свиней, для повышения уровня их адаптивности важное значение приобретает выявление основ интенсивного и постоянного ответа на факторы риска, вызванные длительным стрессом.

В то же время оценка результатов лабораторного исследования показателей эритроцитов проводится с помощью сопоставления полученных результатов с референтным интервалом (РИ), приведённым в справочной литературе [17]. РИ количества эритроцитов, гемоглобина и др. у свиней, указанные в справочной литературе, имеют существенные различия как в нижних, так и в верхних пределах [18-22], редко учитывают пол, возраст, физиологическое состояние, технологическую группу, уровень продуктивности животных и т.д. Международные и отечественные сообщества по клинической лабораторной диагностике рекомендуют рассчитывать и устанавливать собственные РИ для своей аналитической системы и популяции [17].

Цель исследований — изучить возможности реагирования эритроцитов крови хряков на условия эколого-технологического стресса, установить возможные референтные интервалы их морфофункциональных показателей и оценить их влияние на лейкоцитарный состав крови.

Материалы и методы. Экспериментальная часть работы была проведена на чистопородном поголовье основных хряков полтавской мясной породы ООО «Племзавод «Беловодский»» ЛНР. Все животные относились к классам элита и первый.

Средовые условия животных - кормление, содержание, проведение зооветеринарных мероприятий - отвечали технологическим стандартам, разработанным Институтом свиноводства и агропромышленного производства УААН с учетом возраста, живой массы и физиологического состояния. Тип кормления - концентратный с использованием кормов собственного производства. Содержание - индивидуальное, свободно-выгульное. В качестве стрессора использовали технологический и экологический фактор. В ходе эксперимента животные подвергались запланированным (вакцинация, перегонка, перевод в другое помещение, взвешивание, гипокинезический стресс при длительном безвыгульном содержании и т.д.) и неплановым технологическим стрессам (социальные факторы, нарушения выработанного стереотипа кормления и перехода на другие рационы, стрессы, возникающий под действием факторов микроклимата и климата (в связи изменениями погодных условий)).

Согласно климатическим данным на Луганщине тёплый период года принято считать с 1 мая по 1 октября. На основании многолетних на-

блюдений Луганской метеостанции установлено, что наиболее тёплые в регионе - летние месяцы. Средняя температура самого теплого месяца года июля составляет в среднем $+21^{\circ}\text{C}$. Число дней с максимальной температурой воздуха выше 25°C составляет порядка 109 дней в году. Число дней с максимальной температурой воздуха выше 30°C составляет более 56 дней в году (действие данной температуры может считаться тепловым стрессом для животных [23]).

Забор крови проводили в летнее время года в утренние часы перед кормлением животных путём пункции ушной вены в вакуумные пробирки. В крови определяли: количество эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, лейкоцитарную картину крови (формулу) [24]. Вычисляли: гемоглобиновый индекс (цветовой показатель), содержание гемоглобина в 1 эритроците (пг) [25]. Для характеристики стадии стресса использовали интегральный гематологический индекс соотношения лимфоцитов и нейтрофилов [26] — лейкоцитарный индекс (ЛИ) [27].

Обследованию на первом этапе подвергались все основные хряки племенного стада хозяйства. Отбирали клинически здоровых животных по принципу пар-аналогов. Референтная группа (I - контрольная) была сформирована из особей, близких к популяционной средней, т.е. из анализа были исключены хряки, у которых показатели количества эритроцитов и гемоглобина не соответствовали референтным значениям, указанным в литературе. Опытную группу (II) составили животные, не вошедшие в референтную группу.

Полученные результаты исследования обрабатывали биометрически с использованием пакета прикладных компьютерных программ «Statistika-6». Различия показателей считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Референтные интервалы показателей количества эритроцитов и гемоглобина в крови, а также индексов были получены с применением стандартных статистических методов [28]. Референтные интервалы устанавливали с учетом охвата 95 % референтного распределения.

Результаты. Использование в хозяйстве промышленной технологии получения продукции оказалось для хряков основного стада полтавской мясной породы стресс-реализующим, что подтверждалось рассчитанным лейкоцитарным индексом (ЛИ), характеризующим развитие состояния стресса у данного вида животных [26]. Среднее значение ЛИ по стаду основных хряков составило $1,29 \pm 0,11$ усл.ед., что характерно для стадии мобилизации развития ответной реакции на воздействие факторов внешней среды.

Нами установлено, что у основных хряков полтавской мясной породы совокупность всех изученных показателей эритроцитарной картины крови отличалась однородностью, т.к. полученные коэффициенты вариации не превышали 33 %.

Эритроциты, выполняя в животном организме роль посредника между его функциональными системами [29], являются в то же время первой мишенью действия стресс-факторов [30]. На первом этапе исследований мы оценили полученные значения некоторых морфофункциональных показателей эритроцитов в общем по стаду основных хряков и сопоставили с референтными интервалами, представленными в литературе (табл.1).

Согласно результатам проведённого анализа установленное среднее количество эритроцитов в крови у всех хряков основного стада находилось в пределах референтных интервалов, указанных в литературе. Изменчивость показателя характеризовалась средним уровнем варьирования и имела наибольшее значение среди всех изученных показателей эритроцитов, что может свидетельствовать о том, что клетки в большей степени подвергаются функциональным нагрузкам и более широко участвуют в приспособлении организма к данным условиям [31].

В то же время диапазон значений у хряков (Lim) по количеству эритроцитов не совпадал с указанными референтными интервалами, т.е. в стаде основных хряков имелись животные, которые при одинаковых условиях кормления и содержания имели показатель, уступающий литературным значениям физиологической нормы для данного вида животных. При этом и границы установленных доверительных интервалов данного показателя также не соответствовали крайним значениям литературных референтных интервалов.

Гемоглобин - сложное белковое соединение, входящее в состав эритроцитов и выполняющее ряд важнейших и разнообразных функций в живых организмах [32]. Гемоглобин успешно справляется со своими функциями, если его показатели находятся в пределах нормы [18].

У обследованных хряков диапазон значений количества гемоглобина, формирующий размах изменчивости признака (Lim), не попадал в величины литературных референтных интервалов. Однако у большинства хряков стада (95 %, исходя из границ доверительных интервалов) значения данного показателя не выходили за пределы интервалов, указанных в литературе.

Следует отметить, что изменчивость показателя количества гемоглобина отличалась небольшим варьированием и была наименьшей среди всех других изученных показателей.

Воздействие стресс-факторов, в том числе технологических, ведет не только к качественному изменению эритроцитов в крови [9, 10], но и отражается на величине эритроцитарных индексов и их динамике в ходе развития стресс-реакции [33].

Цветовой показатель (ЦП) характеризует степень насыщения эритроцитов гемоглобином по сравнению с физиологической нормой [18]. Среднее значение цветового показателя у хряков не со-

ответствовало значению референтного интервала, указанного в литературе. Лишь незначительное количество животных (исходя из диапазонов размаха варьирования и доверительного интервала) имели ЦП соответствующий норме. Уровень изменчивости цветового показателя при этом был средним.

Считается, что среднее количество гемоглобина в крови (МСН) всегда соотносится с ЦП [25]. Однако сравнительный анализ показал, что в крови хряков значение МСН не выходило за пределы литературных референтных интервалов, несмотря на действие технологических стресс-факторов. При этом у большинства животных показатель МСН соответствовал норме. Уровень изменчивости МСН при этом также был средним.

На втором этапе исследования нами были оценены полученные морфофункциональные показатели эритроцитов хряков в зависимости от соответствия содержания эритроцитов и гемоглобина в периферической крови референтным интервалам, указанным в литературе (табл.1).

При сопоставлении полученных результатов отдельно по каждому животному оказалось, что обследованных особей статистически значимо можно разделить на две группы: I группа — хряки ($64,7 \pm 1,3 \%$), у которых значение количества эритроцитов и свободного гемоглобина в периферической крови соответствовало референтным интервалам, указанным в литературе, II группа — хряки ($35,3 \pm 1,3 \%$), у которых значение количества эритроцитов и свободного гемоглобина в периферической крови не соответствовало референтным интервалам, указанным в литературе. При этом животные обеих групп находились в стадии мобилизации стресс-реакции, о чём свидетельствует ЛИ. Среднее значение ЛИ по I группе составило $1,3 \pm 0,14$ усл. ед., а среднее значение ЛИ по II группе — $1,29 \pm 0,23$ усл. ед.

Обращает на себя внимание тот факт, что у всех особей, показатели которых не попадали в литературные референтные интервалы, количество эритроцитов было ниже литературных референтных значений (до $5 \times 10^{12}/л$). Однако при этом среди них 50 % составили животные, у которых количество гемоглобина в крови соответствовало норме, а 50 % — особи, у которых количество гемоглобина было ниже референтных значений (до 90 г/л). Показатели количества эритроцитов и гемоглобина у животных контрольной группы достоверно превосходили показатели опытной группы на 31,7% ($p \leq$) и 12,3% ($p \leq$), соответственно. При этом уровень изменчивости в контрольной группе отличался средним варьированием, а в опытной — слабым.

В условиях эколого-технологического стресса, с вероятностью 95 %, установленный нами референтный интервал по показателю количества эритроцитов в крови у хряков референтной группы составил $5,63-7,12 \times 10^{12}/л$, по показателю коли-

чество гемоглобина в крови — 100,54-115,65 г/л.

Обращает на себя внимание увеличение диапазона доверительного интервала количества эритроцитов и гемоглобина у хряков, имеющих показатели эритроцитов и гемоглобина в пределах референтных значений, что может свидетельствовать о некоторой неустойчивости показателя в условиях эколого-технологического стресса.

Следует отметить, что после «отбора животных» по «физиологическим» показателям эритроцитов и гемоглобина, средние значения эритроцитарных индексов у хряков контрольной группы снизились.

В ходе исследования было выявлено, что у всех особей референтной контрольной группы в условиях эколого-технологического стресса цветовой показатель не соответствовал литературным значениям у всех животных группы (исходя из данных диапазона значений, формирующего размах изменчивости признака (Lim)). Границы установленного доверительного интервала показателя также не совпадали с указанными в литературе референтными интервалами. Уровень данного индекса у хряков контрольной группы был достоверно ниже на 21,3% ($p \leq 0,01$), чем у хряков опытной группы и отличался также более низким уровнем изменчивости.

Полученные средние значения содержания гемоглобина в одном эритроците (МСН), согласно данным литературы, не выходили за пределы литературных референтных значений у хряков обеих групп и имели средний уровень изменчивости. Данный показатель у опытной группы был достоверно выше, чем у контрольной на 21,3% ($p \leq 0,01$). Однако в ходе развития стресс-реакции в контрольной группе хряков, в отличие от опытной, встречались особи, значение МСН у которых было ниже нижней границы литературных референтных интервалов, о чём свидетельствует диапазон размаха изменчивости и доверительного интервала показателя. У всех животных опытной группы значение индекса МСН соответствовало норме, но, в целом, имело большие значения коэффициента изменчивости.

Установленные нами референтные интервалы ЦП и МСН захватывали зону анемии, вступая в противоречие с референтными интервалами представленными в литературе.

Обобщенные результаты исследований лейкоцитов крови хряков, в зависимости от соответствия количества эритроцитов и гемоглобина периферической крови литературным референтным интервалам, представлены в таблице 2.

Нами было установлено, что совокупность показателей общего количества лейкоцитов в крови у хряков обеих групп была однородной и достоверных отличий друг от друга не имела. Однозначно установить соответствие показателей литературным референтным интервалам, на наш

взгляд, не представляется возможным из-за различий в литературе [19, 21, 22]. У животных контрольной группы было отмечено наибольшее значение размаха вариации и степени разбросанности значений (C_v) по показателю общего количества лейкоцитов. Однако при этом контрольная группа является более устойчивой выборкой по данной характеристике, о чём свидетельствует более узкий диапазон доверительного интервала.

Аналогичные изменения претерпевал и показатель абсолютного количества нейтрофилов в крови хряков. Его средние значения, диапазоны доверительных интервалов соответствовали границам литературных референтных интервалов. У контрольной группы были установлены особи со значением данного показателя ниже нормы. Среди хряков опытной группы таких особей установлено не было. Показатель относительного количества нейтрофилов в крови хряков был однороден, достоверно не отличался у опытной и контрольной группы и соответствовал литературным референтным интервалам, также как и диапазоны доверительных интервалов. Хряки контрольной группы имели более низкие значения всех показателей изменчивости, однако среди них были отмечены особи с нейтропенией.

Анализ различий между видами нейтрофилов в крови хряков показал достоверно значимое различие между количеством палочкоядерных нейтрофилов, которое оказалось выше на 51,5% ($p \leq 0,05$) в крови особей контрольной группы. Мы также отметили некоторое «повышенное несоответствие» показателя данной группы референтному интервалу, большой уровень его варьирования и более высокие значения изменчивости.

Количество юных и сегментоядерных нейтрофилов достоверных отличий между группами не имело. Их значения показателей соответствовали указанным литературным референтным интервалам. Однако группирование величин вариации показателя количества юных нейтрофилов отличалось очень значительным уровнем варьирования и неоднородностью, в отличие от среднего и однородного у сегментоядерных нейтрофилов.

Значения в лейкограмме количества базофилов у животных опытной группы были выше известных литературных референтных интервалов и имели средний уровень изменчивости. Данный показатель у животных контрольной группы также, вероятно, был повышен (исходя из данных некоторых литературных источников [21, 22], но отличался очень значительным уровнем изменчивости. Достоверных отличий по показателю базофилов в крови хряков обеих групп установлено не было.

У всех обследованных нами хряков, исходя из диапазона размаха изменчивости и доверительных интервалов, количество эозинофилов находилось в границах референтных интервалов, представленных в литературе. Средние значения

показателей групп достоверно не отличались друг от друга. Однако нами было установлено значительная изменчивость данного показателя с преобладанием в опытной группе.

Количество лимфоцитов было практически одинаково в обеих группах и соответствовало значениям литературных референтных интервалов. Проведённый статистический анализ показал, что у хряков полтавской мясной породы совокупность показателя количества лимфоцитов отличалась однородностью, а границы размаха изменчивости и доверительных интервалов попадали в величины физиологической нормы условно, учитывая различия литературных источников [19, 21, 22]. Действие эколого-технологического стресса у хряков полтавской мясной породы на фоне сниженной возможности обеспечения кислородного бюджета организма приводило к увеличению диапазона доверительного интервала и коэффициента вариации.

Наиболее выраженными у исследованных животных были межгрупповые различия по количеству моноцитов в крови. Высоким содержанием данных клеток в исследуемый период отличались хряки контрольной группы, у которых превышение значения над опытной группой составило 61,5% ($p \leq 0,01$) при значительном варьировании показателя. Среди животных контрольной группы встречались особи с повышенным содержанием моноцитов, в то время как все животные опытной группы имели показатели в границах референтных интервалов, представленных в литературе.

Обсуждение. Вопросы изучения и установления референтных интервалов форменных элементов в крови у свиней в зависимости от различных условий весьма актуальны и требуют дальнейшего изучения и уточнения, т.к. многие литературные источники содержат противоречивые данные без учёта состояния животных, пола, возраста, используемой технологии. Это создаёт определённые трудности анализа полученной информации.

Эколого-технологические факторы в организме основных хряков полтавской мясной породы вызывали развитие стресс-реакции, что было подтверждено расчетом соответствующего лейкоцитарного индекса. Кислородный бюджет организма не влияет на стадию развития стресс-реакции у племенных хряков «зрелого возраста». Однако его уровень оказывает влияние на протекание адаптивных как количественных (морфологических), так и качественных (функциональных) изменений в составе крови.

Большинство обследованных хряков стада ($64,7 \pm 1,3\%$) имело в данных условиях хозяйства, в целом, более сформированные механизмы адекватного реагирования адаптационного потенциала, которые проявлялись в поддержании в крови количества эритроцитов и гемоглобина на уровне литературных референтных интервалов.

Однако следует отметить некоторую выраженность у этих показателей стрессового присутствия в виде напряжённости и неустойчивости, проявляющуюся в разнонаправленных изменениях показателей вариативности.

Основная нагрузка при физиологических условиях обеспечения кислородного бюджета организма и сочетанном действии стрессовых факторов (контрольная группа), на наш взгляд, ложится на количественный (морфологический) показатель уровня эритроцитов в крови (исходя из анализа значения C_v). При этом показатель количества гемоглобина в крови особей этой группы является самой стабильной величиной.

Расчёт эритроцитарных индексов, в общем, из «нормальных» значений эритроцитов и гемоглобина в крови хряков контрольной группы показал явные тенденции организма в условиях развития стресс-реакции к пока ещё не явным неблагоприятным сдвигам. Это проявлялось в снижении насыщенности эритроцитов гемоглобином, о чём свидетельствует уровень падения цветового показателя и МСН. Также падение уровня эритроци-

тарных индексов, в частности ЦП, при стрессе отмечают и другие авторы [15], считая это реакцией напряжения организма в ответ на стресс.

У $35,3 \pm 1,3$ % основных хряков эколого-технологические условия содержания вызывали снижение количества эритроцитов в крови. При этом снижение уровня эритроцитов не всегда приводило к снижению количества гемоглобина. Только у 50 % особей опытной группы снижение эритроцитов вызывало снижение гемоглобина ниже литературных референтных интервалов. Повышение количества эритроцитов в крови выше уровня нормы отмечено не было.

В условиях низкого уровня возможностей обеспечения кислородного бюджета организма самая большая нагрузка действия эколого-технологических факторов ложится на качественные (функциональные) показатели эритроцитов, что проявляется в показателях изменчивости эритроцитарных индексов, несмотря на их достоверно большее значение в сравнении с контрольной группой.

Известно, что низкие средние значения эритроцитарных индексов ЦП и МСН свидетель-

Таблица 1. Морфофункциональные показатели эритроцитов крови основных хряков полтавской мясной породы в сравнении с референтными интервалами, представленными в литературе, ($M \pm m$)

Показатель	Этап исследования			Референтные интервалы литературных источников
	I	II		
	Основное стадо (n=17)	Группа I контрольная (референтная), n=11	Опытная, n=6	
Количество эритроцитов, $\times 10^{12}/\text{л}$	5,66±0,33	6,38±0,33	4,36±0,16***	5-8 [18] 5,5-9,0 [19] 6-7,5 [20] 5-9,9 [21]
Lim (R)	4,03-8,02 (3,99)	5,07-8,02 (2,95)	4,03-4,95 (0,92)	
M-tm-M+tm	4,97-6,35 (1,38)	5,63-7,12 (1,49)	3,95-4,76 (0,81)	
Cv, %	23,68	17,4	8,8	
Количество гемоглобина, г/л	103,47±3,26	108,09±2,78	94,83±0,56*	100-160 [18] 90-120 [19] 90-110 [20] 99-119 [21]
Lim (R)	79,0-130,0 (51)	94,0-130,0	79,0-110,0 (31)	
M-tm-M+tm	96,54-110,4 (13,86)	100,54-115,65 (15,11)	80,38-109,29 (28,91)	
Cv, %	13,04	10,4	14,6	
Цветовой показатель, усл. ед.	0,57±0,03	0,52±0,03	0,66±0,05*	0,8-1,0 [20]
Lim (R)	0,41-0,82 (0,41)	0,41-0,71 (0,3)	0,53-0,82 (0,29)	
M-tm-M+tm	0,51-0,63 (0,12)	0,46-0,58 (0,12)	0,52-0,8 (0,28)	
Cv, %	21,06	16,9	20	
Содержание гемоглобина в одном эритроците, пг	18,98±0,99	17,32±0,89	22,01±1,79*	16-31 [21]
Lim (R)	13,79-27,16 (13,37)	13,79-23,75 (9,96)	17,67-27,16 (9,49)	
M-tm-M+tm	16,87-21,09 (4,22)	15,33-19,31 (3,98)	17,41-26,61 (9,2)	
Cv, %	21,61	17,1	19,9	

Здесь и в дальнейшем * - вероятность разницы между группами $p \leq 0,05$; ** - вероятность разницы между группами $p \leq 0,01$; *** - вероятность разницы между группами $p \leq 0,001$.

ствуют об увеличение доли микроцитов в крови [25], что характерно для технологического стресса [10]. Как известно, значительное уменьшение объема эритроцитов компенсируется ростом их концентрации в крови, что, в какой-то мере, способствует поддержанию общей дыхательной поверхности циркулирующей крови [34].

Вероятно, большее снижение эритроцитарных индексов у контрольной группы в фазу мобилизации защитных сил организма в данных условиях действия эколого-технологических стрессоров является проявлением механизма защиты от снижения уровня кислорода в крови и отражает попытку организма компенсировать недостаток

Таблица 2. Показатели количества лейкоцитов в крови основных хряков полтавской мясной породы в зависимости от соответствия количества эритроцитов и гемоглобина периферической крови референтным интервалам, ($M \pm m$)

Показатель		Группы хряков		Референтные интервалы литературных источников
		I контрольная (референтная), n=11	II опытная, n=6	
Кол-во лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$		14,6 \pm 0,96	14,28 \pm 0,9	8-16 [21] 15-20 [19, 22]
Lim (R)		8,4-19,65 (11,25)	10,75-17,0 (6,25)	
M-tm-M+tm		12,48-16,73 (4,25)	11,97-16,58 (4,61)	
Cv, %		21,7	15,4	
Кол-во нейтрофилов, $\times 10^9/\text{л}$		5,65 \pm 0,57	5,86 \pm 0,63	2,77-7,8[19]
Lim (R)		2,44-7,58 (5,14)	4,64-7,59 (2,95)	
M-tm-M+tm		4,3-7,01 (2,71)	4,12-7,61 (3,49)	
Cv, %		28,7	23,9	
Кол-во нейтрофилов, %		38,62 \pm 1,74	40,8 \pm 3,87	32-78,7[22]
Lim (R)		29,0-45,0 (16,0)	30,0-49,0 (19,0)	
M-tm-M+tm		34,51-42,74 (8,23)	30,07-51,53 (21,46)	
Cv, %		12,8	21,2	
Кол-во базофилов, (%)		1,38 \pm 0,38	2,4 \pm 0,24	0-2 [19] 0-1 [21] 0-1,3 [22]
Lim *		0-3,0-3	2,0-3,0-1	
M-tm-M+tm		0,49-2,26 (1,77)	1,72-3,08 (1,36)	
Cv, %		76,9	23	
Кол-во эозинофилов, (%)		4,63 \pm 0,68	5,2 \pm 1,07	1-11 [19] 0,3-10,3 [22]
Lim (R)		2,0-7,0 (5,0)	2,0-8,0 (6,0)	
M-tm-M+tm		3,02-6,23 (3,21)	2,24-8,16 (5,92)	
Cv, %		41,6	45,8	
Нейтрофилы	Кол-во юных нейтрофилов, %	0,75 \pm 0,36	0,6 \pm 0,4	0 [19] 0-2 [21]
	Lim (R)	0-2,0 (2,0)	0-2,0 (2,0)	
	M-tmчM+tm	0-1,62 (1,62)	0-1,71 (1,71)	
	Cv, %	138	148,4	
	Кол-во палочкоядерных нейтрофилов, (%)	7,0 \pm 1,15	3,6 \pm 0,24*	0-4 [19] 2-4 [21] 1-7 [22]
	Lim (R)	3,0-13,0 (10,0)	3,0-4,0 (1,0)	
	M-tmчM+tm	4,28-9,72 (5,44)	2,92-4,28 (1,36)	
	Cv, %	46,5	15,3	
	Кол-во сегментоядерных нейтрофилов, (%)	30,75 \pm 2,63	36,4 \pm 4,19	28-47 [19] 18-60 [22] 40-48 [21]
	Lim (R)	20,0-41,0 (21,0)	25,0-46,0 (11,0)	
	M-tm-M+tm	24,53-36,97 (12,44)	24,77-48,03 (23,26)	
	Cv, %	24,2	25,8	
	Кол-во лимфоцитов, (%)	48,5 \pm 2,56	49,0 \pm 3,96	39-62 [19] 40-50 [21] 18,7-61,7 [22]
	Lim (R)	38,0-62,0 (24)	41,0-60,0 (21,0)	
	M-tm-M+tm	42,44-54,56 (12,12)	38,0-60,0 (22,00)	
	Cv, %	15	18,1	
	Кол-во моноцитов, (%)	6,75 \pm 0,86	2,6 \pm 0,4**	2-10 [19] 2-6 [21]
	Lim (R)	3,0-11,0 (8,0)	2,0-4,0 (2,0)	
	M-tm-M+tm	4,71-8,79 (4,08)	1,49-3,71 (2,22)	
	Cv, %	36	34,3	

ность транспорта кислорода для клеток в процессе адаптации животных к данной среде обитания. Исходя из проведённых исследований, считаем, что в условиях использования промышленной технологии производства свинины физиологической нормой (РИ) количества эритроцитов в крови у взрослых хряков следует считать уровень не ниже $5,5 \times 10^{12}/л$, а гемоглобина — не ниже 100 г/л.

Определённый интерес представляют собой данные об изменениях в лейкоцитарном составе периферической крови хряков при действии эколого-технологических стрессоров в условиях изменения кислородного бюджета организма.

Как известно, к зрелому возрасту в организме устанавливается определённый уровень содержания лейкоцитов, свидетельствующий о созревании и «развитости» систем, обеспечивающих защитные функции. При стрессе наблюдается общая мобилизация защитных механизмов организма для противодействия отрицательным факторам среды, в результате чего происходят изменения в составе крови [35]. В ходе «приспособления» к данным условиям существования у хряков, в общем, была сформирована защитная «антистрессовая» реакция. Об этом свидетельствует соответствие компонентов лейкограммы референтным интервалам, содержание числа сегментоядерных нейтрофилов в пределах нижних значений нормы, а лимфоцитов — в пределах верхних значений, нормализация функций глюкокортикоидной системы организма (об этом косвенно свидетельствует приближение показателя количества эозинофилов к средним значениям литературных референтных интервалов [36]).

Однако наше исследование показало, что организм хряков опытной и контрольной групп обладал разным защитным потенциалом, т.е. полноценное функционирование кислородного обеспечения организма является основой, обеспечивающей стрессорную реакцию в ответ на разнообразные воздействия внешней среды, в том числе и эколого-технологические. При этом изменения затрагивали все типы лейкоцитов — как гранулоциты, так и агранулоциты.

У хряков с физиологическим уровнем обеспечения кислородного бюджета организма стресс-реакция проходила без напряжения функциональных возможностей организма. Наблюдалось более стабильное, меньшее значение уровня изменчивости объёмного показателя нейтрофилов и лимфоцитов в крови, достоверно более высокое, но не выходящее из литературных референтных интервалов содержание моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов в крови. Это может свидетельствовать об адекватном ответе на действие стресс-факторов.

Кроме того, развившееся некоторое повышение количества моноцитов в крови животных

данной группы, согласно данным литературы [25], может носить компенсаторный характер в силу функциональных нарушений эритроцитов, а именно сниженного насыщения эритроцитов гемоглобином (развития анемии). Повышенный уровень палочкоядерных нейтрофилов, в свою очередь, может рассматриваться как признак стимуляции кроветворения, активация которого может рассматриваться как специализированная реакция, направленная на повышение резистентности организма к определённому виду воздействия и обозначающую переход стадии мобилизации в стадию резистентности [37].

В группе хряков с недостаточным уровнем обеспечения кислородного бюджета организма стресс-реакция проходила с напряжением функциональных возможностей организма. На это указывает развившееся угнетение функции щитовидной железы у всех животных (косвенным признаком чего является превышение количества базофилов выше литературных референтных интервалов [25]), значительное снижение доли моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов в крови.

Заключение. Действие эколого-технологических факторов у хряков, несомненно, приводит к развитию стресс-реакции и вызывает изменения в составе крови как в эритроцитарном, так и в лейкоцитарном её звене. При этом уровень и направленность адаптивных реакций зависят от возможностей обеспечения кислородного бюджета организма. Эритроциты в ответ на действие стрессоров в данных условиях использования промышленной технологии реагируют, прежде всего, путем изменения своей функциональности, что проявляется в изменениях их насыщенности гемоглобином, особенно при уровне их значений из диапазона литературных референтных интервалов.

Результаты исследований свидетельствуют о зависимости показателей лейкограммы крови при стрессе от морфофункциональных параметров состояния эритроцитов. Установленная закономерность проявляется у хряков в выходе количественного состава базофилов крови за пределы литературных референтных показателей, изменениях количества моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов в крови и отсутствии стабильности в большинстве показателей лейкограммы. Особенно четко установленные изменения выражены при снижении возможностей достаточного обеспечения кислородного бюджета организма.

Таким образом, достаточные возможности обеспечения полноценного кислородного бюджета в организме создают предпосылки к возможному повышению уровня адаптивности при действии эколого-технологических факторов и снижают признаки напряженности, неполноценности защитной реакции организма.

Литература

1. Дедкова, А.И. Инновационные технологии в свиноводстве: учебное пособие / А.И. Дедкова, Н.Н. Сергеева, С.Н. Химичева. - Орёл : Изд-во Орёл ГАУ, 2007. - 362 с.
2. Петрова О. Г. Иммунобиологические особенности адаптации свиней к технологическому стрессу в неблагополучных сельскохозяйственных предприятиях по циркувирусной инфекции / О. Г. Петрова, И. М. Донник и др. // Агр. вестник Урала. - 2014. - № 1 (119). - С. 31-35.
3. Комлацкий В. И. Биология и этология свиней : учебное пособие / В. И. Комлацкий, Л. Ф. Величко, В. А. Величко. - Краснодар : КубГАУ, 2017. - 137 с.
4. Князев, С. П. Гетерогенность популяций и адаптация к технологии содержания домашних свиней: причины формирования / С. П. Князев, С. В. Никитин, В. И. Ермолаев // Инновации и продовольственная безопасность. - 2021. - № 3 (33). - С. 80-94.
5. Carabano M. J. Modeling heat stress under different environmental conditions / M. J. Carabano, B. Logar, J. Bormann, J. Minet, M. L. Vanrobays, C. Diaz, B. Tychon, N. Gengler, H. Hammami // Journal of Dairy Science. - 2016. - Vol. 99. - № 5. - P. 3798-3814.
6. Водяников В. И. Технологические приемы повышения продуктивности свиней в условиях промышленных комплексов: Монография / В. И. Водяников, В. В. Шкаленко. - Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. - 152с.
7. Липунова Е. А. Система красной крови: Сравнительная физиология: Монография / Е. А. Липунова, М. Ю. Скоркина. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2004. - 216 с.
8. Khatun M. M. Distortion of micronuclei and other peripheral erythrocytes caused by fenitrothion and their recovery assemblage in zebrafish / M. M. Khatun, G. M. Mostakim, M. Moniruzzaman, U. O. Rahman, M. S. Islam // Toxicol. Rep. - 2021. - № 8. - P. 415-421.
9. Иващенко М. Н. Морфофункциональные показатели эритроцитов крупного рогатого скота при стрессе и его коррекции низкоинтенсивным лазерным излучением / М. И. Иващенко, А. В. Дерюгина и др. // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. - 2021. - № 1. - С. 67-71.
10. Сайфутдинова, Л.В. Влияние технологического стресс-фактора на морфологические особенности эритроцитов кур / Л.В. Сайфутдинова, М.А. Дерхо // Ученые записки Казанской Государственной Академии Ветеринарной Медицины им. Н. Э. Баумана. Казань. - 2020. - Т. 241 (1) . - С. 171-176.
11. Данчук О.В. Вміст ТБК-активних продуктів в еритроцитах свиней різних типів вищої нервової діяльності / О. В. Данчук, В. А. Добровольський, В. А. Чепурна, Л. Б. Савчук и др. // Біологія тварин. - 2015. - Т. 17. - № 1. - С. 43-47.
12. Морякина С. В. Влияние экзаменационного стресса на концентрацию гемоглобина, эритроцитов и эритроцитарных индексов у разнополых студентов / С. В. Морякина, В. А. Анзоров // Глобальный научный потенциал. - 2018. - № 12 (93). - С. 94-97.
13. Васильева Л. С. Предупреждение глицином стресс-индуцированных нарушений эритропоэза и развития анемии / Л. С. Васильева, О. А. Макарова // Сибирский мед. журнал. - 2001. - № 5. - С. 20-23.
14. Корочкина Е. А. Влияние абдоминальной декомпрессии на структуру популяции эритроцитов крыс в условиях стресса / Е. А. Корочкина, К. В. Племяшов // Международный вестник ветеринарии. - 2013. - № 1. - С. 17-20.
15. Сотникова Е. Д. Изменения в составе крови при стрессе / Е. Д. Сотникова // Вестник Российского Университета Дружбы Народов. Серия: Агрономия и Животноводство. - 2009. - № 1. - С. 50-55.
16. Бриллиант С. А. Гемоглобиновый ответ организма на иммобилизационный стресс / С. А. Бриллиант, Б. Г. Юшков // Вестник Уральской мед. академ.науки. - 2020. - Т. 17. - № 4. - С. 266-271.
17. Мурыгина, О.И. Референсные интервалы содержания свободного гемоглобина при исследовании гемоглобинцианидным методом на биохимическом автоматическом анализаторе ILAB 300 PLUS / О.И. Мурыгина, Е.Р. Жукова и др. // Наука и инновации в медицине. - 2019. - Т. 4 (3). - С. 4-7.
18. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник / Под ред. проф. Кондрахина И.П. - М.: Колос, 2004. - 520 с.
19. Симонян Г. А. Ветеринарная гематология / Г. А. Симонян, Ф. Ф. Хисамутдинов. - М.: Колос, 1995. - 256 с.
20. Довідник: Фізіолого-біохімічні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині / (За ред. Влізко В. В., Федорук Р. С., Макар І.А. та ін.) - Інститут біології тварин УААН. - Львів, 2004. - 399 с.
21. Кудрявцев А. А. Клиническая гематология животных / А.А. Кудрявцев, Л. А. Кудрявцева. - М.: «Колос», 1974. - 399 с.
22. Понд В. Дж. Биология свиньи / В. Дж. Понд, К.А. Хаунт. Пер. с англ. и предисл. В.В. Поп. - М.: «Колос», 1983. - 334 с.

23. Pereira A. M. Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds / A. M. Pereira, F. Jr. Baccari et al. // Int J Biometeorol Jan. — 2008. — 52(3) — P. 199-208.
24. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / Под ред. В.В. Меньшиков. — М.: Медицина, 1987. — 368 с.
25. Бажибина Е. В. Методологические основы оценки клинико-морфологических показателей крови домашних животных: Учебное пособие / Е. В. Бажибина, А. В. Коробов, С. В. Середа, В. П. Сапрыкин. — М.: ООО «Аквариум-Принт», 2005. — 128 с.
26. Авылов Ч. Влияние стресс-факторов на резистентность организма свиней / Ч. Авылов // Свиноводство. — 2001. — № 1. — С. 21-22.
27. Жуков А. П. Возрастные изменения интегральных гематологических индексов у крупного рогатого скота / А. П. Жуков, Е. Б. Шарафутдинова, А. П. Датский, М. М. Жамбулов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2016. — №4 (60). — С. 213 - 216.
28. ГОСТ Р 53022: Технологии лабораторные клинические. Требования к качеству клинических лабораторных исследований. Часть 3. Правила оценки клинической информации лаб. тестов: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2008-12-18. / Фед. агентство по техническому регулированию и метрологии РФ. - Изд. официальное. — Москва: Стандартинформ, 2009. — 22 с.
29. Мороз В. В. Влияние перитрофана на морфологию эритроцита при острой кровопотери / В. В. Мороз, И. С. Новодержкина и др. // Общая реаниматология. — 2013. — Т. IX. — № 5. — С. 5-10.
30. Забелинский С.А. Фосфолипиды, жирные кислоты и гемоглобин эритроцитов крови крыс в условиях стресса (плавание при низкой температуре) // С. А. Забелинский, М. А. Чеботарева и др. // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. — 2017. — Т. 53. — № 1. — С. 16-22.
31. Крюков В. И. Генетика. Часть 5. Статистические методы изучения изменчивости. Учебное пособие для сельскохозяйственных вузов. / В.И. Крюков. — Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. — 208 с.
32. Космачевская О. В. Гемоглобины разнообразие структур и функций (обзор) / О. В. Космачевская, А. Ф. Топунов // Прикладная биохимия и микробиология. — 2009. — Т. 45. — № 6. — С. 627-653.
33. Ляшенко В. Н. Информативность индексов эритроцитов при оценке комбинированного действия стресс-факторов / В. Н. Ляшенко, А. А. Русицкий // Новая наука: опыт, традиции, инновации: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно - практической конференции (Оренбург, 12 января 2017) / в 3 ч. Ч.3. — Sterlitamak: АМИ, 2017. — С. 3-5.
34. Нестеров Ю. В. Морфофизиологические показатели эритроцитов при оксидативном стрессе на разных этапах онтогенеза / Ю. В. Нестеров, Д. Д. Теплый // Электронное периодическое издание ЮФУ «Живые и биокосные системы». — 2015. — № 11.
35. Булгакова О. С. Общий клинический анализ крови как метод определения постстрессорной реабилитации / О. С. Булгакова, В. И. Баранцева // Успехи совр. естествознания. — 2009. — № 6. — С. 22-27.
36. Бусловская Л. К. Характеристика адаптационных реакций у кур при вибрационном воздействии разной частоты и транспортировке / Л. К. Бусловская, А.Ю. Ковтуненко // Сельскохозяйственная биология. — 2009. — № 6. — С. 80-84.
37. Павлов С. В. Физиологические основы подготовки квалифицированных спортсменов: Учебное пособие для студентов ВУЗов физической культуры / С. Е. Павлов; МГАФК. — Малаховка, 2010. — 88 с.

Garskaya N., Tkachev A.

Morphological and functional features of boar erythrocytes under environmental and technological stress and their effect on the leukocyte composition of the blood

Abstract.

Purpose: study the response possibilities of boar blood erythrocytes to the conditions of environmental and technological stress; to establish possible reference intervals for their morphological and functional parameters and to evaluate their effect on the leukocyte composition of the blood.

Materials and methods. At the first stage, all the Poltava meat breed main boars of the breeding herd were examined. In accordance with the possibilities of providing the oxygen budget of the organism, the boars were divided into two groups according to the principle of analogue pairs. The control group (I) consisted of boars, in which the indicators of erythrocyte number and hemoglobin corresponded to the reference values indicated in the literature. The experimental group (II) consisted of animals that were not included in the control group. All animals belonged to the "elite" and "first" classes and were clinically healthy. Ecological and technological factors acted as stressors. The following was determined in the blood: the number of erythrocytes, hemoglobin, leukocytes, leukocyte blood picture (formula). Calculated: hemoglobin index (color index), hemoglobin content in 1 erythrocyte (pg) (MCH). To characterize the stage of stress, we used the integral hematological index of the ratio of lymphocytes and neutrophils – the leukocyte index. The results obtained were processed statistically.

Results. The use of industrial production technology in the farm turned out to be stress-realizing for the boars of the main Poltava meat breed herd. Most of the examined boars of the herd (64.7 ± 1.3 %) had, in these keeping conditions, in general, well-formed mechanisms for an adequate response of the adaptive potential, which manifested itself in maintaining the number of erythrocytes and hemoglobin in the blood at the level of literary reference intervals. Under conditions of environmental and technological stress, with a probability of 95 %, the reference interval established by us in terms of the number of erythrocytes in the blood of boars in the control group was $5.63-7.12 \times 10^{12} /l$, in terms of the amount of hemoglobin in the blood – $100.54-115.65$ g/l. After the "selection of animals" according to the "physiological" indicators of erythrocytes and hemoglobin, the average values of erythrocyte indices in boars of the control group significantly decreased compared to the experimental group. In boars with a physiological level of provision of the oxygen budget of the body, the stress reaction took place without straining the functional capabilities of the body. A more stable, lower value of the volume index of neutrophils and lymphocytes variability level in the blood; a significantly higher, but not out of the literature reference intervals, content of monocytes and stab neutrophils in the blood was observed.

Conclusion. The action of environmental and technological factors in boars undoubtedly leads to the development of a stress reaction and causes changes in the composition of the blood, both in the erythrocyte and leukocyte links. At the same time, the level and direction of adaptive reactions depend on the possibilities of providing the oxygen budget of the organism.

Key words: boars, erythrocytes, leukocytes, morphological and functional indicators, environmental and technological stress.

Authors:

Garskaya N. — PhD (Biol. Sci.); Lugansk State Pedagogical University, LPR, 91011, Lugansk, Oboronnaya str., 2; e-mail: Natalya_G@bk.ru.

Tkachev A. — Dr. Habil. (Agr. Sci.); Professor; Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy. K. A. Timiryazev, Russia, 127434, Moscow, st. Pryanishnikova, 14; e-mail: alex.tkachev@rgau-msha.ru.

References

1. Dedkova A. I. Innovative technologies in pig breeding: study guide / A. I. Dedkova, N. N. Sergeeva, S. N. Khimicheva. — Eagle: Publishing House Orel GAU, 2007. — 362 p.
2. Petrova O. G., Donnik I. M., Isaeva A. G., Krysenko Yu. G. Immunobiological features of adaptation of pigs to technological stress in disadvantaged agricultural enterprises for circovirus infection // Agrarian Bulletin of the Urals. — 2014. — № 1 (119). — P. 31-35.
3. Komlatsky V. I. Biology and ethology of pigs: textbook / V. I. Komlatsky, L. F. Velichko, V. A. Velichko. - Krasnodar: KubGAU, 2017. — 137 p.
4. Knyazev S. P., Nikitin S. V., Ermolaev V. I. Population heterogeneity and adaptation to technology of keeping domestic pigs: reasons for formation // Innovations and food security. — 2021. — № 3 (33). — P. 80-94.
5. Carabano M. J. Modeling heat stress under different environmental conditions / M. J. Carabano, B. Logar, J. Bormann et. al. // Journal of Dairy Science. — 2016. — Vol. 99. — № 5. — P. 3798-3814.
6. Vodyannikov V. I. Technological methods for increasing the productivity of pigs in industrial complexes: Monograph / V. I. Vodyannikov, V. V. Shkalenko. - Volgograd: FGBOU VPO Volgograd State Agrarian University, 2014. — 152 p.
7. Lipunova E. A. The red blood system: Comparative physiology: Monograph / E. A. Lipunova, M. Yu. Skorkina. - Belgorod: Publishing House of BelGU, 2004. - 216 p.
8. Khatun M. M. Distortion of micronuclei and other peripheral erythrocytes caused by fenitrothion and their recovery assemblage in zebrafish / M. M. Khatun, G. M. Mostakim, M. Moniruzzaman, U. O. Rahman, M. S. Islam // Toxicol. Rep. — 2021. — № 8. — P. 415-421.

9. Ivashchenko M. N. Morphological and functional parameters of erythrocytes of cattle under stress and its correction by low-intensity laser radiation / M. I. Ivashchenko, A. V. Deryugina et. al. // Bulletin of the Russian Agricultural Science. – 2021. – № 1. – P. 67-71.
10. Sayfutdinova, L.V. Influence of technological stress factor on the morphological features of chicken erythrocytes / L.V. Sayfutdinova, M.A. Derkho // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine. N. E. Bauman. Kazan. – 2020. – Vol. 241 (1). – P. 171-176.
11. Danchuk O. V. Vmist of TBA-active products in erythrocytes of pigs of various types of mammary nerve activity / O. V. Danchuk, V. A. Dobrovolsky et. al. // Biology of creatures. – 2015. – Vol. 17. – № 1. – P. 43-47.
12. Moryakina S.V., Anzorov V.A. Influence of examination stress on the concentration of hemoglobin, erythrocytes and erythrocyte indices in heterosexual students / S.V. Moryakina, V.A. Anzorov // Global scientific potential. – 2018. – № 12 (93). – P. 94-97.
13. Vasilyeva L. S. Prevention of stress-induced disorders of erythropoiesis and the development of anemia by glycine / L. S. Vasilyeva, O. A. Makarova // Siberian Medical Journal. – 2001. – №5. – P. 20-23.
14. Korochkina E. A., Plemashov K. V. Influence of abdominal decompression on the structure of the rat erythrocyte population under stress conditions / E. A. Korochkina, K. V. Plemashov. – 2013. – №1. – P. 17-20.
15. Sotnikova E. D. Changes in blood composition under stress / E. D. Sotnikova // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry. – 2009. – № 1. – P. 50-55.
16. Brilliant S. A. The body's hemoglobin response to immobilization stress / S. A. Brilliant, B. G. Yushkov // Bulletin of the Ural Medical Academic Science. – 2020. – Vol. 17. – № 4. – P. 266-271.
17. Murygina O. I. Reference intervals for the content of free hemoglobin in the study by the hemoglobin cyanide method on a biochemical automatic analyzer ILAB 300 PLUS / O. I. Murygina, E. R. Zhukova, O. V. Petrova, D. M. Nikulina // Science and innovations in medicine. – 2019. – V. 4 (3). – P. 4-7.
18. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: Handbook / Ed. prof. Kondrakhina I.P. – M.: Kolos, 2004. – 520 p.
19. Simonyan G. A. Veterinary hematology / G. A. Simonyan, F. F. Khisamutdinov. – M.: Kolos, 1995. – 256 p.
20. Dovidnik: Physiological and biochemical methods of research in biology, animal and veterinary medicine / (Edited by Vlizlo V. V., Fedoruk R. S., Makar I. A. and in.) - Institute of Biology of Animals UAAS. – Lviv, 2004. – 399 p.
21. Kudryavtsev A.A. Clinical animal hematology / A.A. Kudryavtsev, L. A. Kudryavtseva. – M.: "Spike", 1974. – 399 p.
22. Pond V. J. Biology of the pig / V. J. Pond, K.A. Haunt. Per. from English. and foreword. V.V. Pop. – M.: "Kolos", 1983. – 334 p.
23. Pereira A. M. Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds / A. M. Pereira, F. Jr. Baccari, E. A. Titto, J. A. Almeida // Int J Biometeorol Jan. – 2008. – №52(3) – P. 199-208.
24. Laboratory research methods in the clinic: a Handbook / Ed. V. V. Menshikov. – M.: Medicine, 1987. – 368 p.
25. Bazhibina E. V. Methodological bases for assessing clinical and morphological parameters of the blood of domestic animals: Textbook / E B. Bazhibina, A. V. Korobov, S. V. Sereda, V. P. Saprykin. - M. : Aquarium-Print LLC, 2005. – 128 p.
26. Avylov Ch. Influence of stress factors on the resistance of the organism of pigs / Ch. Avylov // Pig breeding. – 2001. – № 1. – P. 21-22.
27. Zhukov A. P. Age-related changes in integral hematological indices in cattle / A. P. Zhukov, E. B. Sharafutdinova, A. P. Dansky, M. M. Zhambulov // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. – 2016. – № 4 (60). – P. 213-216.
28. GOST R 53022: Clinical laboratory technologies. Requirements for the quality of clinical laboratory research. Part 3. Rules for the evaluation of clinical information of laboratory tests: national standard of the Russian Federation: introduction date 2008-12-18. / Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of the Russian Federation. - Ed. official. - Moscow: Standartinform, 2009. – 22 p.
29. Moroz V. V. Influence of pertrophan on erythrocyte morphology in acute blood loss / V. V. Moroz, I. S. Novoderzhkina, E. M. Antoshina, A. V. Afanasyev // General resuscitation. – 2013. – Vol. IX. – № 5. – P. 5-10.

30. Zabelinsky S.A. Phospholipids, fatty acids and hemoglobin of rat blood erythrocytes under stress conditions (swimming at low temperature) // S. A. Zabelinsky, M. A. Chebotareva et. al. // Journal of evolutionary biochemistry and physiology. – 2017. – Vol. 53. – № 1. – P. 16-22.
31. Kryukov V. I. Genetics. Part 5. Statistical methods for studying variability. Textbook for agricultural universities. / IN AND. Kryukov. - Orel: Publishing House OrelGAU, 2006. – 208 p.
32. Kosmachevskaya O. V. Hemoglobins diversity of structures and functions (review) / O. V. Kosmachevskaya, A. F. Topunov // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2009. – Vol. 45. – № 6. – P. 627-653.
33. Lyashenko V. N. Informativeness of erythrocyte indices in assessing the combined effect of stress factors / V. N. Lyashchenko, A. A. Rusitsky // New science: experience, traditions, innovations: International scientific periodical based on the results of the International Scientific and Practical conference (Orenburg, January 12, 2017) / at 3 p. Part 3. – Sterlitamak: AMI, 2017. – P. 3-5.
34. Nesterov Yu. V. Morphophysiological parameters of erythrocytes under oxidative stress at different stages of ontogenesis / Yu. V. Nesterov, D. D. Teply // Electronic periodical publication of the Southern Federal University "Living and bio-inert systems". – 2015. – № 11.
35. Bulgakova O. S. General clinical blood analysis as a method for determining post-stress rehabilitation / O. S. Bulgakova, V. I. Barantseva // Successes of modern natural science. – 2009. – № 6. – P. 22-27.
36. Buslovskaya L.K. Characteristics of adaptive reactions in chickens under vibration exposure of different frequencies and transportation / L.K. Buslovskaya, A.Yu. Kovtunencko // Agricultural biology. – 2009. – № 6. – P. 80-84.
37. Pavlov S. V. Physiological bases of qualified athletes training: Textbook for students of higher educational institutions of physical culture / S. E. Pavlov; MGAFK. - Malakhovka, 2010. – 88 p.