

УДК 636.2:636.06:612.4.05

ГОРМОНАЛЬНЫЙ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СТАТУС БЫЧКОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

^{1,2}Л.В. Осадчук, доктор биологических наук, профессор

²О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

²Н.Г. Шишин, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент

²О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

²Т.В. Коновалова, старший преподаватель

²В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

²Е.В. Фихман, магистрант

Ключевые слова: крупный рогатый скот, голштинская порода, тиреоидные и стероидные гормоны, гематология, биохимические показатели

¹Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: vpetukhov@ngs.ru

Реферат. Здоровье и продуктивность крупного рогатого скота определяются целым рядом факторов, среди которых важное значение имеют эколого-климатические условия региона разведения. Успешная адаптация к факторам окружающей среды осуществляется метаболической и эндокринной системами, вовлеченными в механизмы регуляции гомеостаза. В настоящей работе проведена оценка гормонального и метаболического статуса у молодых бычков голштинской породы (n=28), разводимых в эколого-климатических условиях Кемеровской области, в различные сезоны года. Установлено влияние сезона на уровень общего белка и мочевины, причем более высокая концентрация общего белка отмечена летом и осенью по сравнению с другими сезонами. Повышенный уровень мочевины отмечен в весенний период по сравнению с летом или зимой. Достоверных сезонных различий по уровню глобулинов, общего холестерина, глюкозы, концентрации эритроцитов и гемоглобина не установлено. Существенных сезонных колебаний в уровне тестостерона, тиреоидных гормонов и кортизола не выявлено. Показатели гормонального и метаболического статуса бычков в Кемеровской области близки к таковым в других регионах России. При сравнении показателей физиологического статуса у бычков аналогичного возраста, но других пород (по данным литературы) были установлены межпородные различия, что, по-видимому, отражает не только генетически детерминированные особенности функционирования системы гомеостаза, но и разную адаптивную способность животных к определенным эколого-климатическим условиям. Используемые показатели физиологического статуса животных могут служить референтными значениями и войти в список физиологических тестов для комплексного мониторинга популяций крупного рогатого скота в различных экологических зонах Сибири.

HORMONAL AND METABOLIC STATE OF HOLSTEIN BULLS IN ENVIRONMENTAL AND CLIMATE CONDITIONS OF KEMEROVO REGION

^{1,2}Osadchuk L.V., Dr. of Biological Sc., Professor

²Sebezhko O.I., Candidate of Biology, Associate Professor

²Shishin N.G., Candidate of Agriculture, Associate Professor

²Korotkevich O.S., Dr. of Biological Sc., Professor

²Kononova T.V., Senior Teacher

²Petukhov V.L., Dr. of Biological Sc., Professor

²Fikhman E.V., MSc-student

¹Institute of Cytology and Genetics SD RAS, Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: cattle, Holstein breed, thyroid and steroidal hormones, hematology, biochemical parameters.

Abstract. *Health and fertility of the cattle are characterized by the factors that include environmental and climate conditions of the region. Successful adaptation to the environmental factors is provided by means of metabolic and endocrine system, which participate in regulation of homeostasis. The paper estimates hormonal and metabolic status of young Holstein bulls (n=28) in different seasons in climate and environmental conditions of Kemerovo region. The research found out that season influenced total protein and urea, higher concentration of total protein was observed in summer and higher concentration of urea was observed in spring. The authors didn't find out seasonal differences in globulins, total cholesterol, fruit sugar, concentration of erythrocytes and hemoglobulins as well as testosterone, thyroid hormones and hydrocortisone. Parameters of hormone and metabolic status of bulls in Kemerovo region didn't vary significantly from those of other regions of Russia. When authors compared physiological status of Holstein bulls with the bulls of the same age and other breeds, they found out breed differences that speaks about different adaptive ability of animals to climate and environmental conditions. The indexes used by researchers for defining physiological status can become reference values and be included in the list of physiological tests for complex monitoring of the cattle in different environmental zones of Siberia.*

Эколого-климатические факторы влияют на здоровье и продуктивность, поэтому актуальным остается расширение и углубление наших знаний о влиянии климатических и антропогенных факторов на здоровье сельскохозяйственных животных разных видов, разводимых человеком для получения продуктов питания [1–7]. Одним из подходов к решению данной проблемы является комплексный мониторинг популяций сельскохозяйственных животных, ориентированный на систематический анализ воздействия факторов окружающей среды, что позволит выявить и оценить временные и эколого-климатические тренды физиологического статуса популяций животных [8–13].

Индикаторами успешной адаптации к факторам окружающей среды, которые вовлечены в механизмы регуляции гомеостаза, являются уровни репродуктивных и адаптивных гормонов в периферической крови. Гормональный статус животных определяет характер обмена веществ и сопряжен со всеми жизненно важными функциями организма. Для всех гормонов характерна большая специфичность действия и высокая биологическая активность, включая влияние на экспрессию генов [14]. Среди них можно выделить несколько гормонов, которые служат маркерами физиологического статуса. Тестостерон является основным репродуктивным гормоном у самцов млекопитающих, детерминирующим развитие и поддержание мужского фенотипа, регулирующим вторичные половые признаки, рост мышц, формирование полового поведения, качественные и количественные показатели сперматогенеза, стимулирующим катаболиче-

ские процессы и эритропоэз [15]. Для глюкокортикоидов (у крупного рогатого скота основной глюкокортикоид – кортизол) характерен широкий спектр действия, включая преимущественно катаболические эффекты, супрессивное влияние на иммунную систему и обменные процессы [14]. Кортизол участвует в реализации приспособительных реакций и формировании адаптаций, а уровень кортизола в крови является основным индикатором стресса. Тиреоидные гормоны (тироксин и трийодтиронин) необходимы для нормального роста и развития, модулируют энергозатраты, теплопродукцию, массу тела, стимулируют эритропоэз в костном мозге [14]. Наиболее известный эффект этих гормонов – повышение основного обмена, который означает рост потребления кислорода и увеличение теплопродукции. Функциональное состояние эндокринной системы определяется генотипом, рационом кормления, инфекциями, инвазиями и эколого-климатическими условиями региона [16]. Следовательно, концентрация гормонов в периферической крови у крупного рогатого скота будет отражать как наследственные особенности, так и условия существования, определяя устойчивость и адаптацию к окружающей среде.

Поддержание гомеостаза осуществляется, как известно, физиологическими механизмами, среди которых биохимический и морфологический состав крови занимает ведущее место. Гематологический анализ применяется для диагностики нарушений кроветворения, органических и системных заболеваний, а также дает полезную информацию о неспецифической резистент-

ности и адаптационных возможностях животных в конкретных эколого-климатических условиях среды разведения [17]. Концентрация метаболитов в крови сельскохозяйственных животных широко используется в ветеринарной медицине и является хорошим индикатором трофического статуса [18].

Россия характеризуется огромным разнообразием климатических условий, почв и растительного покрова, поэтому разводимые здесь породы и типы сельскохозяйственных животных для реализации своего генетического потенциала должны обладать хорошими адаптационными свойствами [19–21]. Наши знания о механизмах воздействия эколого-климатических факторов окружающей среды на адаптивные и продуктивные качества сельскохозяйственных животных еще недостаточно полные, несмотря на активное изучение эффектов условий содержания и рационов питания на физиологические показатели здоровья [22–24]. В последнее время наряду с традиционным вниманием к вопросам совершенствования селекционно-генетической работы по увеличению продуктивности и продуктивному долголетию скота, усилению резистентности к болезням возрос интерес к поиску генотипов крупного рогатого скота, наиболее устойчивых к действию локальных неблагоприятных факторов [25–28].

Крайне актуальным и открытым остаётся вопрос о референтных интервалах для гормональных, гематологических, биохимических показателей и элементного статуса крупного рогатого скота в связи с породными, половыми, возрастными особенностями, а также с учетом различных эколого-климатических зон разведения [17, 18, 29]. Практическое применение этих маркеров часто невозможно из-за отсутствия референтных значений в данном конкретном регионе. В настоящее время для фермерских хозяйств во многих регионах России не имеется адекватных референтных интервалов показателей физиологического статуса, что частично обусловлено отсутствием достаточного количества животных, изменением генофонда популяции, рационов кормления, изменением технологий разведения с прогрессивным улучшением условий содержания животных и паразитарного контроля.

Целью настоящей работы было изучение физиологического статуса бычков голштинской породы, разводимых в эколого-климатических ус-

ловиях Кемеровской области, которое включало гормональные, метаболические и гематологические показатели крови.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводилось в 2016 г. на животноводческом комплексе ОАО «Ваганово», расположенным в Промышленновском районе Кемеровской области, которое осуществляет полный цикл молочного производства. Хозяйство является племпредупродуктором и продает племенных бычков. В исследование включено 28 бычков в возрасте 1,0–1,2 года. Животные принадлежали к голштинской породе крупного рогатого скота, находились на стойловом содержании в крытых вентилируемых помещениях с контролируемым микроклиматом. Кормление животных осуществляли сбалансированными кормами производства собственного комбикормового завода ОАО «Ваганово». Уровень молочной продуктивности в хозяйстве составлял более 8500 кг.

В различные сезоны года (зима, весна, лето и осень) при плановом убое партии молодых бычков (5–10 особей в каждой) взвешивали и брали образцы крови из яремной вены в утренние часы до кормления. Для анализа гематологических показателей использовали вакуумные пробирки с антикоагулянтом K_2EDTA , остальные – с активатором образования сгустка (SiO_2). Собранную сыворотку хранили при $-40^{\circ}C$ до анализа. Для всех животных записывали дату рождения, живую массу при рождении и перед убоем.

Определение уровня тестостерона, кортизола, тироксина и трийодтиронина в сыворотке периферической крови проводили иммуноферментным методом с помощью коммерческих наборов реактивов «Алкор Био» (Санкт-Петербург), а эстрадиола – наборов «Хема» (Москва) согласно прилагаемым инструкциям, используя спектрофотометр Multiscan (Thermo, Финляндия). Определение уровня общего белка, глобулинов, мочевины, общего холестерина (ОХ), холестерина липопротеидов высокой плотности (х-ЛПВП), глюкозы проводили ферментативным колориметрическим методом с помощью коммерческих наборов реактивов «Вектор Бест» (Новосибирск) согласно прилагаемым инструкциям. Определение concentra-

ции эритроцитов и гемоглобина проводилось на автоматическом гематологическом анализаторе PCE 90 vet (HTI, США).

Для всех исследуемых показателей высчитывали среднюю арифметическую и ошибку средней ($\bar{X} \pm S\bar{X}$). Проверку изучаемых параметров на нормальность распределения проводили по критерию Колмогорова-Смирнова. Влияние сезона года на изучаемые признаки оценивали в рамках однофакторного дисперсионного анализа (тест Дункана) с применением пакета программ Statistica (StatSoft, version 8.0). Для выявления взаимосвязи между различными показателями рассчитывали коэффициенты корреляции по Спирману. Статистически значимыми считали различия при $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по массе тела при рождении и убойе, а также гормональному статусу животных представлены в табл. 1. Установлено влияние сезона года на массу бычков при рождении и убойе ($P < 0,05$). Масса новорожденных бычков была выше зимой по сравнению с другими сезонами года ($P < 0,05$). Масса тела молодых бычков при убойе в весенний период выше по сравнению с таковой в другие сезоны года ($P < 0,05$). Установлено влияние сезона и на уровень эстрадиола ($P < 0,05$). В осенний период он оказался выше по сравнению с другими сезонами года ($P < 0,05$). Уровень трийодтиронина и тироксина, кортизола и тестостерона между сезонами не различался.

Таблица 1

Масса тела и гормональный профиль бычков голштинской породы в разные сезоны года
Body weight and hormonal panel of Holstein bulls in different seasons

Показатель	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее по сезонам
Масса при рождении, кг	48,00±4,90	39,20±2,60	34,00±1,60	35,70±0,90	38,30±1,60
Масса при убойе, кг	203,20±6,50	239,20±5,20	189,70±12,60	197,10±9,80	204,70±5,90
Трийодтиронин, нмоль/л	2,31±0,14	2,45±0,06	2,37±0,13	2,32±0,11	2,35±0,06
Тироксин, нмоль/л	121,88±10,95	99,43±7,10	102,76±6,03	112,78±8,15	109,65±4,32
Кортизол, нмоль/л	67,99±22,81	67,01±11,36	105,77±12,90	108,37±16,35	93,05±9,14
Тестостерон, нмоль/л	7,58±0,54	33,97±12,53	16,66±8,89	11,94±3,84	16,43±3,71
Эстрадиол, нмоль/л	0,55±0,12	0,47±0,05	0,49±0,06	0,93±0,13	0,68±0,07

Биохимические и гематологические показатели бычков представлены в табл. 2. Установлено влияние сезона на уровень общего белка и мочевины ($P < 0,05$). Более высокая концентрация общего белка отмечена летом и осенью по сравнению с другими сезонами ($P < 0,05$). Повышенный

уровень мочевины наблюдался в весенний период по сравнению с летом или зимой ($P < 0,05$). Достоверных сезонных различий по уровню глобулинов, общего холестерина, глюкозы, концентрации эритроцитов и гемоглобина не установлено.

Таблица 2

Биохимические и гематологические показатели бычков в разные сезоны года
Biochemical and hematological parameters of bulls in different seasons

Показатель	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее по сезонам
Общий белок, г/л	67,40±5,10	62,00±7,00	80,50±4,50	80,40±3,60	74,40±2,70
Глобулины, г/л	42,20±8,60	39,60±6,40	55,50±3,40	46,20±4,60	46,30±2,90
Мочевина, мкмоль/л	1,90±0,40	5,20±0,50	2,20±0,30	3,90±0,50	3,40±0,30
Общий холестерин, ммоль/л	2,94±0,64	1,18±0,07	3,25±0,24	2,92±0,57	2,66±0,29
х-ЛПВП, ммоль/л	3,08±0,44	1,40±0,24	1,71±0,31	1,15±0,16	1,80±0,21
Глюкоза, ммоль/л	4,40±0,80	3,00±0,30	4,30±0,30	4,60±0,40	4,20±0,20
Эритроциты, $10^{12}/л$	8,20±0,62	7,200±0,50	7,500±0,20	7,90±0,20	7,70±0,20
Гемоглобин, г/л	113,00±7,20	99,60±6,20	84,50±11,00	101,70±3,90	99,50±3,70

Выявлена взаимосвязь между массой тела при убое и концентрацией гемоглобина, общего холестерина и глюкозы ($r = 0,43$, $r = -0,40$, $r = -0,40$ соответственно, $P < 0,05$), между уровнем кортизола, концентрацией общего белка и глобулинов ($r = 0,62$, $r = 0,60$ соответственно, $P < 0,05$), между концентрацией эритроцитов и гемоглобина ($r = 0,48$, $P < 0,05$). Положительная связь наблюдалась между концентрацией общего белка, глобулинов и общего холестерина ($r = 0,84$, $r = 0,41$ соответственно, $P < 0,05$), а также между концентрацией общего холестерина и холестерина липопротеидов высокой плотности ($r = 0,58$, $P < 0,05$).

В нашем исследовании у бычков уровень тестостерона в сыворотке крови значительно варьировал, что не было связано с сезонными колебаниями. Предполагается, что, как и у других видов животных, эти колебания связаны с процессом полового созревания, начало которого имеет индивидуальную вариабельность [30, 31]. Онтогенетические изменения уровня тестостерона у бычков мясной породы ангус демонстрируют его значительный рост в пубертатный период с достижением плато 15,0–21,0 нмоль/л к полутороговалому возрасту и незначительными изменениями к трехлетнему возрасту [32]. Эти значения практически не отличались от уровня тестостерона у бычков в нашем исследовании. Изучение онтогенетической динамики уровня тестостерона в крови бычков голштинской породы также подтвердило факт, что значительный подъем уровня тестостерона наблюдается у бычков от 6- до 12-месячного возраста [33].

У взрослых быков голштинской молочной породы, разводимых в Японии [34], уровень тестостерона варьировал от 7,7 до 13,3 нг/мл, что значительно выше, чем у бычков в нашем исследовании (3,0–8,0 нг/мл). Таким образом, у нашей группы бычков процесс полового созревания нельзя считать завершенным.

Возрастная динамика уровня тестостерона и эстрадиола была детально изучена у бычков породы ангус [35]. Авторы показали, что максимальный уровень тестостерона и эстрадиола достигается к возрасту 11–12 месяцев, причем уровень фолликулостимулирующего гормона коррелирует с диаметром семенников, количеством клеток Сертоли и круглых сперматид. Возможно, задержка полового созревания у группы наших бычков обусловлена недостаточно полноценным рационом питания. Например, ограничение пи-

тания у молодых препубертатных бычков ингибирует гипоталамический пульсовый генератор ГРГ, ослабляет тестикулярный стероидогенез, задерживает наступление полового созревания и уменьшает массу семенников независимо от последующего улучшения питания в перипубертатный период [36].

У полутороговалых бычков красной степной породы, выращенных в Оренбургской области, не наблюдалось сезонных колебаний уровня трийодтиронина и тироксина [37], что совпадает с нашими данными. Кроме того, уровни трийодтиронина практически не отличались у бычков красной степной породы от исследуемых нами бычков голштинской породы, однако абсолютные значения тироксина были значительно ниже, чем полученные в нашем исследовании ($36,26 \pm 3,14$ нмоль/л весной и $37,65 \pm 0,13$ осенью). Отсутствие сезонных различий в уровне гормонов щитовидной железы, по-видимому, обусловлено круглогодичным применением автоматизированной системы поддержания микроклимата и существующим рационом на больших животноводческих комплексах, что меняет систему адаптации организма и ослабляет секреторную активность щитовидной железы, гормоны которой участвуют в терморегуляции.

Поддержание гомеостаза, обеспечивающего устойчивость организма, осуществляется, как известно, физиологическими механизмами, среди которых обмен веществ занимает ведущее место. Для поддержания здоровья и повышения эффективности использования скота необходимы исследования метаболизма с формированием комплекса показателей, которые адекватно отражают основные физиологические процессы в организме быков ценных пород. Сегодня сложившаяся система разведения скота уделяет недостаточно внимания мониторингу метаболических показателей крови, который уже на ранних стадиях онтогенеза позволяет выявить нарушения основных видов обмена [38]. Показатели белкового обмена отражают адекватность кормления животных их физиологическим потребностям, а количество общего белка в сыворотке крови и соотношение фракций сывороточных белков ассоциируются с продуктивностью животных [39, 40].

Содержание общего белка в сыворотке крови рассматривается как общепринятый маркер белкового обмена у крупного рогатого скота. В нашем исследовании содержание общего белка в крови у бычков совпадает со значениями, полученными

на поголовье 9-месячных племенных бычков молочной бестужевской породы ($82,8 \pm 2,3$ г/л) и помесных (бестужевская х лимузин, $84,5 \pm 1,3$ г/л) в Саратовской области России [40]. Установлено, что концентрации общего белка у бычков черно-пестрой породы увеличиваются с возрастом, достигая максимальных значений к 12 месяцам [33]. Не было отмечено существенных межпородных различий в содержании общего белка и глобулинов в крови у 15-месячных бычков калмыцкой, казахской белоголовой и аулиекольской пород, разводимых в сухостепной зоне Актюбинской области Республики Казахстан [41]. Отметим, что средние значения концентрации общего белка у бычков в нашей работе и в работе Т.М. Сидихова [41] не отличались, в то время как уровень глобулинов у бычков в нашем исследовании был заметно выше.

Количество эритроцитов и гемоглобина в крови у молодых бычков в нашем исследовании варьировало в пределах верхней границы референтных интервалов, принятых для крупного рогатого скота, разводимого в Канаде, Германии и США [17, 29]. В нашей стране у взрослых быков, разводимых на Южном Урале, количество эритроцитов составляет $5-10 \times 10^{12}/л$, гемоглобина – $80-150$ г/л, а данные по этим показателям у молодых бычков в нашем исследовании близки к нижним границам представленных диапазонов [42, 43].

В то же время некоторыми авторами у быков установлено снижение с возрастом количества эритроцитов и гемоглобина в крови, что объясняется более высоким уровнем обмена веществ у молодняка [41]. Эколого-климатические особенности территории разведения, так же как и зоогигиенические параметры содержания скота, оказывают существенное влияние на обмен веществ, что отражается в метаболических показателях [44, 45]. Гематологические параметры коров симментальской породы в Центральной Якутии [44] отличались выраженной сезонностью с более низкими значениями в зимний период (эритроциты $3,7 \pm 0,20 \times 10^{12}$ и гемоглобин $95,4 \pm 0,34$ г/л), что не

наблюдается у животных в нашей работе. Более того, содержание эритроцитов у коров в Якутии было в 2 раза ниже по сравнению с таковым у молодых бычков в данной работе, что подтверждается другими авторами [44, 46].

Важность мониторинга популяций племенного скота в различных эколого-климатических условиях России определяется в первую очередь необходимостью поддерживать высокую продуктивную и воспроизводительную способность животных, сохранить и улучшить генофонд популяций. Принципиально важным является способность используемого диагностического и прогностического потенциала маркеров крови охарактеризовать общее состояние здоровья животных. Идеальным является создание референтных пределов физиологических маркеров в каждом эколого-климатическом регионе страны, что сопряжено со значительными трудностями из-за недостаточного количества животных, широкой вариативности рационов кормления и технологий содержания скота даже в одном и том же регионе, что сказывается на показателях метаболического и гормонального профиля.

ВЫВОДЫ

1. Полученные значения гормональных и метаболических параметров, которые характеризуют физиологический статус бычков голштинской породы, могут быть использованы в качестве референтных значений при мониторинге популяций скота.

2. Сравнение физиологических показателей адаптивного здоровья бычков Кемеровской области с аналогичными показателями скота из других регионов России дает основание заключить, что эколого-климатические условия в совокупности с уровнем селекционной работы и технологией содержания животных оптимальны для фенофона данной породы.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 15-16-30003).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Генофонд и фенофонд сибирской северной породы и сибирской черно-пестрой породной группы свиней* / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: ООО «Издательский дом Прометей», 2012. – 579 с.
2. *Ильин В.В., Желтиков А.И., Короткевич О.С.* Изучение некоторых продуктивных и биологических особенностей красного степного скота Алтайского края // *Достижения науки и техники АПК*. – 2012. – № 2. – С. 68–71.

3. *Однонуклеотидный полиморфизм в популяции крупного рогатого скота красной степной породы / М.П. Люханов, О.С. Короткевич, О.И. Себежко, Н.С. Юдин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 326.*
4. *Konovalova T.V. Content of Heavy Metals in muscle tissue of cattle //E3S Web of conferences. – EDP Sciences, 2013. – Т. 1. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20130115002>.*
5. *Особенности накопления и корреляция тяжелых металлов в чешуе судака Новосибирского водохранилища / И.С. Миллер, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–11. – С. 2469–2473.*
6. *Accumulation of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberi / V.L. Petukhov, A.I. Syso, K.N. Narozhnykh [et al.] // Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci. – 2016. – Vol. 7 (4). – P. 2458–2464.*
7. *Effect of copper on biological and productive parameters of laying hens / V.L. Petukhov, I.A. Afonina, E.S. Kleptsyna [et al.] // Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci. – 2016. – Vol. 7 (5). – P. 1093–1100.*
8. *Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] // J. Pharm. Sci. & Res. – 2017. – Vol. 9 (4). – P. 368–374.*
9. *Ефанова Ю.В., Нарожных К.Н., Короткевич О.С. Содержание марганца в некоторых органах бычков герефордской породы // Зоотехния. – 2013. – № 4. – С. 18.*
10. *Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves / V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, [et al.] // 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract. – 2014. – P. 74.*
11. *Исследование однонуклеотидного полиморфизма SNPS по гену TNFR1 у крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири в связи с молочной продуктивностью / М.П. Люханов, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, О.И. Себежко // Зоотехния. – 2015. – № 3. – С. 2–3.*
12. *Cadmium accumulation in soil, fodder, grain, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, V.L. Petukhov [et al.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – 2016. – Vol. 7 (4). – P. 1758–1764.*
13. *Закономерности аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы в Западной Сибири / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1447.*
14. *Гарднер Д., Шобек Д. Базисная и клиническая эндокринология / пер. с англ. под ред. Г.А. Мельниченко. – М.: Бином, 2011. – Кн. 2. – 696 с.*
15. *Эндокринология / Г.М. Кроненберг, Ш. Мелмед, К.С. Полонски, П.Р. Ларсен; пер. с англ. под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. – М.: Рид Элсивир, 2011. – 416 с.*
16. *Environmental stressors influencing hormones and systems physiology in cattle / T.L. Bova, L. Chiavaccini, G.F. Cline [et al.] // Reprod. Biol. Endocrinol. – 2014. – Vol. 12. – P. 58.*
17. *Roland L., Drillich M., Iwersen M. Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine // J. Vet. Diagn. Invest. – 2014. – Vol. 26. – P. 592–598.*
18. *Ingvartsen K.L., Moyes K. Nutrition, immune function and health of dairy cattle // Animal. – 2013. – Vol. 7, Suppl. 1. – P. 112–122.*
19. *Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Короткевич О.С. Корреляция убойной массы и содержание тяжелых металлов в органах бычков герефордской породы // Главный зоотехник. – 2015. – № 3. – С. 37–42.*
20. *Нарожных К.Н., Ефанова Ю.В., Короткевич О.С. Содержание меди в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы // Вестн. НГАУ. – 2013. – № 2 (27). – С. 73–76.*
21. *Ефанова Ю.В., Нарожных К.Н., Короткевич О.С. Содержание цинка в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы // Главный зоотехник. – 2012. – № 11. – С. 30–33.*
22. *Осадчук Л.В., Вдовина Г.В., Смирнов П.Н. Возрастная динамика содержания гормонов в периферической крови у телок при разных технологиях выращивания // С.-х. биология. – 2012. – № 4. – С. 56–61.*
23. *Влияние обогащенной среды на физиологический статус молодняка свиней при отъеме от свиноматок / К.В. Жучаев, Н.В. Суетов, О. В. Кауфманн [и др.] // Докл. РАСХН. – 2014. – № 5. – С. 64–66.*

24. *The content of lead in some organs and tissues of hereford bull-calves* / K.N. Narozhnykh, Y.V. Efanova, O.S. Korotkevich [et al.] // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2013. – Т.1. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003>.
25. *Способ определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота: пат. на изобретение RUS 2426119* / В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, А.И. Желтиков, Т.В. Петухова. – 2010.
26. *McNamara J.P.* A systems approach to integrating genetics, nutrition, and metabolic efficiency in dairy cattle // J. Anim. Sci. – 2012. – Vol. 90. – P. 1846–1854.
27. *Single nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of West Siberia* / O.S. Korotkevich, M.P. Lyukhanov, V.L. Petukhov [et al.] // Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to livestock Production. – Kanada, 2014.
28. *Cadmium content variability in organs of west Siberian Hereford bull-caves* / V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova [et al.] // 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract. – China, 2014. – P. 74.
29. *George J.W., Snipes J., Lane V.M.* Comparison of bovine hematology reference intervals from 1957 to 2006 // Vet. Clin. Pathol. – 2010. – Vol. 39/2. – P. 138–148.
30. *Осадчук Л.В., Клещев М.А.* Межлинейные различия в показателях сперматогенеза у инбредных мышей // Морфология. – 2016. – Т. 149, № 2. – С. 54–57.
31. *Осадчук Л.В.* Параметры сперматогенеза и продукция тестостерона при половом созревании как предикторы функциональной активности семенников у лабораторных мышей (*Mus musculus*) // Журн. эволюцион. биохимии и физиологии. – 2016. – Т. 52, № 6. – С. 423–428.
32. *Circulating metabolic hormones during the peripubertal period and their association with testicular development in bulls* / L.F.C. Brito, A.D. Barth, N.C. Rawlings [et al.] // Reprod. Dom. Anim. – 2007. – Vol. 42. – P. 502–508.
33. *Вострухина Ю.Ю., Еременко В.И.* Динамика биохимических показателей крови у бычков разных линий в онтогенезе // Вестн. Курск. гос. с.-х. акад. – 2011. – № 2. – С. 62–63.
34. *Basal levels and GnRH-induced responses of peripheral testosterone and estrogen in Holstein bulls with poor semen quality* / B. Devkota, K. – I. Takahashi, S. Matsuzaki [et al.] // J. Reprod. Dev. – 2011. – Vol. 57. – P. 373–378.
35. *Moura A.A., Erickson B.H.* Age-related changes in peripheral hormone concentrations and their relationships with testis size and number of Sertoli and germ cells in yearling beef bulls // J. Reprod. Fert. – 1997. – Vol. 111. – P. 183–190.
36. *Effect of feed restriction during calthood on serum concentrations of metabolic hormones, gonadotropins, testosterone, and on sexual development in bulls* / L.F.C. Brito, A.D. Barth, N.C. Rawlings [et al.] // Reproduction. – 2007. – Vol. 134. – P. 171–181.
37. *Нарыжнева Е.В.* Сезонная и возрастная динамика содержания тиреоидных гормонов в сыворотке крови бычков // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 3. – С. 90–92.
38. *Collier R.J., Dahl G.E., VanBaale M.J.* Major advances associated with environmental effects on dairy cattle // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89. – P. 1244–1253.
39. *Зеленина О.В., Пузач Л.В.* Биохимические показатели сыворотки крови коров в летний период // С.-х. науки и агропромышл. комплекс на рубеже веков. – 2015. – № 9. – С. 8–13.
40. *Юнушева Т.Н., Хакимов И.Н., Сеитов М.С.* Влияние генотипа на морфологические и биохимические показатели крови животных // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. – 2006. – № 10, ч. 2. – С. 371–373.
41. *Сидихов Т.М.* Морфологические и биохимические показатели крови бычков разных мясных пород // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2015. – № 3. – С. 182–185.
42. *Литвинов К.С., Косилов В.И.* Гематологические показатели молодняка красной степной породы // Вестн. мясн. скотоводства. – 2008. – Т. 61. – С. 148–154.
43. *Косилов В.И., Жаймышева С.С., Мешков В.М.* Гематологические показатели чистопородных и помесных бычков // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 5. – С. 84–85.
44. *Корякина Л.П.* Особенности гематологических показателей крупного рогатого скота центральной зоны Якутии // Аграрн. вестн. Урала. – 2008. – № 2. – С. 76–77.

45. Ларцева С. А., Асрутдинова Р. А. Влияние зоогигиенических параметров на морфо-биохимические показатели коров и телят // Уч. зап. Казан. гос. акад. вет. медицины им. Н.Э. Баумана. – 2013. – № 216. – С. 182–187.
46. Дыдаева Л. Г. Эритроцитарные параметры крови крупного рогатого скота Якутии // Уч. зап. Казан. гос. акад. вет. медицины им. Н.Э. Баумана. – 2010. – № 1. – С. 88–92.

REFERENCES

1. Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I., Kamaldinov E.V., *Genofond i fenofond sibirskoj i sibirskoj cherno-pestroj porodnoj gruppy svinej* (Gene and phene pools of Siberian Nothern breed and Siberian Black-and-White breed group of pigs), Novosibirsk, Izdatel'skij dom Prometej, 2012, 579 p.
2. Il'in V.V., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., *Dostizhenija nauki i tehniki*, 2012, No. 2, pp. 68–71. (In Russ.)
3. Lyukhanov M.P., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., Judin N.S., *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 1, 326 p. (In Russ.)
4. Konovalova T.V., E3S Web of conferences, EDP Sciences, 2013, Vol. 1. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20130115002>.
5. Miller I.S., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, No. 9 (11), pp. 2469–2473. (In Russ.)
6. Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N., *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.*, 2016, No. 4 (7), pp. 2458–2464.
7. Petukhov V.L., Afonina I.A., Kleptsyna E.S., *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.*, 2016, No. 5 (7), pp. 1093–1100.
8. Syso A.I., Sokolov V.A., Petukhov V.L., *J. Pharm. Sci. & Res.*, 2017, No. 4 (9), pp. 368–374.
9. Efanova Ju.V., Naroznykh K.N., Korotkevich O.S., *Zootehnika*, 2013, No. 4, 18 p. (In Russ.)
10. Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment, Proceeding of Abstract, 2014, 74 p.
11. Lychanov M.P., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., *Zootehnika*, 2015, No. 3, pp. 2–3. (In Russ.)
12. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Petukhov V.L., *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 2016, No. 4 (7), pp. 1758–1764.
13. Naroznykh K.N., T.V. Konovalova, Korotkevich O.S., *Sovremennye problemy nauki i obrazovaija*, 2014, No. 6, p. 1147. (In Russ.)
14. Gargner D., Shobek D., *Bazisnaja i klinicheskaja endokrinologija*. (Basic and clinical endocrinology), Moscow, Binom, 2011, 696 p.
15. Kronenberg G.M., Melmed Sh., Poloncki K.S., Larsen P.R., *Endokrinologija* (Endocrinology), Moscow, Izd-vo Rid Elsilver, 2011, 416 p.
16. Bova T.L., Chiavaccini L., Cline G.F., *Reprod. Biol. Endocrinol*, 2014, Vol. 12, 58 p.
17. Roland L., Drillich M., Iwersen M., *J. Vet. Diagn. Invest.*, 2014, Vol. 26, pp. 592–598.
18. Ingvarsten K.L., Moyes K., *Animal*, 2013, No. 1 (7), pp. 112–122.
19. Naroznykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., *Glavnyj zootekhnik*, 2015, No. 3, pp. 37–42. (In Russ.)
20. Naroznykh K.N., Efanova Ju.V., Korotkevich O.S., *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, No. 2 (27), pp. 73–76. (In Russ.)
21. Efanova Ju.V., Naroznykh K.N., Korotkevich O.S., *Glavnyj zootekhnik*, 2012, No 11, pp. 30–33. (In Russ.)
22. Osadchuk L.V., Vdovina G.V., Smirnov P.N., *Sel'skokhozjajstvennaja biologija*, 2012, No. 4, pp. 56–61. (In Russ.)
23. Zhuchayev K.V., Suetov N.V., Kaufman O., *Doklady RASKHN*, 2014, No. 5, pp. 64–66. (In Russ.)
24. Narozhnykh K.N., Efanova Y.V., Korotkevich O.S., E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2013, Vol. 1. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003>.
25. Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikov A.I., Petukhova T.V., *Sposob opredeleniya kadmija v myshechnoj tkani krupnogo rogatogo skota* (Method for determining cadmium content in cattle muscle tissue) Patent RF No. 2426119, 2010.

26. McNamara J.P., *J. Anim. Sci.*, 2012, Vol. 90, pp. 1846–1854.
27. Korotkevich O.S., Lyukhanov M.P., Petukhov V.L., *Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to livestock Production, Kanada*, 2014.
28. Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., *17th International Conference on Heavy Metals in the Environment, Proceeding of Abstract. China*, 2014, 74 p.
29. George J.W., Snipes J., Lane V.M., *Vet. Clin. Pathol.*, 2010, No. 2 (39), pp. 138–148.
30. Osadchuk L.V., Kleschjov M.A., *Morfologija*, 2016, No. 2 (149), pp. 54–57. (In Russ.)
31. Osadchuk L.V. *Zh., Evoljutionnoj biokhimii i fiziologii*, 2016, No. 6 (52), pp. 423–428. (In Russ.)
32. Brito L.F.C., Barth A.D., Rawlings N.C., *Reprod. Dom. Anim.*, 2007, Vol. 42, pp. 502–508.
33. Vostrukhina Ju.Ju., Eremenko V.I., *Vest. Kursk. gos. sel'khoz. akad.*, 2011, No. 2, pp. 62–63. (In Russ.)
34. Devkota B., Takahashi K.I., Matsuzaki S., Matsui M., *J. Reprod. Dev.*, 2011, Vol. 57, pp. 373–378.
35. Moura A.A., Erickson B.H., *J. Reprod. Fert.*, 1997, Vol. 111, pp. 183–190.
36. Brito L.F.C., Barth A.D., Rawlings N.C., Wilde R.E., Crews D.H. *Reproduction*, 2007, Vol. 134, pp. 171–181.
37. Naryzhnyeva E.V., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 3, pp. 90–92. (In Russ.)
38. Collier R.J., Dahl G.E., VanBaale M.J., *J. Dairy Sci.*, 2006, Vol. 89, pp. 1244–1253.
39. Zelenina O.V., Puzach L.V., *Selskokhozhajstvennye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov*, 2015, No. 9, pp. 8–13. (In Russ.)
40. Junusheva T.N., Khakimov I.N., Seitov M.S., *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2006, No. 10 (2), pp. 371–373. (In Russ.)
41. Sidikhov T.M., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, No. 3, pp. 182–185. (In Russ.)
42. Litvinova K.S., Kosilov V.I., *Vestnik mjasnogo skotovodstva*, 2008, Vol. 61, pp. 148–154. (In Russ.)
43. Kosilov V.I., Znajmysheva S.S., Meshakov V.M., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 5, pp. 84–85. (In Russ.)
44. Korjakina L.P., *Agrarnyy vestnik Urala*, 2008, No. 2, pp. 76–77. (In Russ.)
45. Lartseva S.F., Asrutdinova P.A. *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsyny im. N.E. Baumana*, 2013, No. 216, pp. 182–187. (In Russ.)
46. Dydaeva L.V. *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsyny im. N.E. Baumana*, 2010, No.1, pp. 88–92. (In Russ.)