

УДК 636.22/28.082.13:591.11(571.56)

DOI: 10.33284/2658-3135-103-2-43

Оценка адаптационных качеств коров калмыцкой породы на основе изучения элементного статуса и гематологических показателей крови к условиям Якутии

И.И. Слепцов¹, Н.И. Тарабукин¹, С.А. Мирошников², А.Н. Фролов²

¹ *Якутская государственная сельскохозяйственная академия (Якутия)*

² *Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Оренбург)*

Аннотация. В рамках работ по формированию кластера мясного скотоводства в 2013 году в Республику Саха (Якутия) из Республики Калмыкия завезено несколько партий животных калмыцкой породы крупного рогатого скота. Для оценки адаптационных качеств калмыцкого скота к условиям Якутии проведены исследования на 3 группах коров: I группа – коровы, завезённые из Республики Калмыкия (n=75), II – коровы-потомки 1 поколения (n=28) и III группа – коровы-потомки 2 поколения (n=16), полученные в Якутии. Возраст коров в период отбора биосубстратов – 2,3-8,0 лет, живая масса – 480,4±13,8 кг.

В ходе исследований изучен элементный статус и гематологические показатели калмыцкого скота в условиях Якутии. Отбор проб шерсти произведён в марте 2019 года. Элементный состав шерсти изучали по 25 показателям методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП).

Установлено, что элементный статус животных в процессе адаптации к условиям Якутии претерпевает существенные изменения. Элементный статус коров I поколения характеризовало повышение обменных пулов Ca, Na, K, I, Mn, Zn, B, Sr на фоне снижения Hg относительно животных, завезённых из Калмыкии. В свою очередь элементный статус потомков II поколения коров в отличие от I поколения характеризовался повышением уровня Cu и Zn, со снижением количества Cr, Si, Pb. Изучение гематологических показателей крови выявило существенные изменения в их параметрах. Так, у коров от поколения к поколению наблюдается увеличение содержания эритроцитов и лимфоцитов при снижении содержания среднего объёма эритроцитов и гемоглобина в отдельном эритроците.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, коровы, калмыцкая порода, адаптация, химические элементы, шерсть (волос), кровь, Республика Саха (Якутия).

UDC 636.22/28.082.13:591.11(571.56)

Assessment of the adaptive qualities of cows of the Kalmyk breed based on the study of elemental status and blood hematological parameters to the conditions of Yakutia

Ivan I Sleptsov¹, Nikolay I Tarabukin¹, Sergey A Miroshnikov², Alexey N Florov²

¹ *Yakutsk State Agricultural Academy (Yakutsk, Russia)*

² *Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)*

Summary. As part of the work to form a cluster of beef cattle breeding in 2013, several shipments of the Kalmyk cattle were brought to the Republic of Sakha (Yakutia) from the Republic of Kalmykia. To assess the adaptive qualities of the Kalmyk cattle to the conditions of Yakutia, studies were carried out on 3 groups of cows: group I - cows imported from the Republic of Kalmykia (n = 75), II - cows-descendants of the first generation (n = 28) and group III - cows-descendants II generation (n = 16) obtained in Yakutia. The age of cows during the selection of biosubstrates was 2.3-8.0 years, live weight - 480.4 ± 13.8 kg.

In the course of research, the elemental status and hematological parameters of Kalmyk cattle in the conditions of Yakutia were studied. Hair was sampled in March 2019. The elemental composition of hair was studied according to 25 indicators by atomic emission and mass spectrometry (AES-ICP and MS-ICP).

It is established that the elemental status of animals in the process of adaptation to the conditions of Yakutia underwent significant changes. The elemental status of cows from generation I was characterized by an increase in the exchange pools of Ca, Na, K, I, Mn, Zn, B, Sr against the background of a decrease in Hg relative to animals imported from Kalmykia. In turn, the elemental status of descendants of the second generation of cows, in contrast to the first generation, was characterized by an increase in the level of Cu and Zn, with a decrease in the amount of Cr, Si, Pb.

The study of hematological parameters revealed significant changes. So, in cows from generation to generation there is an increase in the content of red blood cells and lymphocytes with a decrease in the content of the average volume of red blood cells and hemoglobin in a single red blood cell.

Key words: cattle, cows, Kalmyk breed, adaptation, chemical elements, wool (hair), blood, Republic of Sakha (Yakutia).

Введение.

В целях создания кластера мясного скотоводства на территорию Республики Саха (Якутия) в последние годы массово завозятся животные из других регионов России и зарубежья (Чугунов А.В. и Захарова Л.Н., 2017). В числе пород скота, завозимых в регион, и калмыцкая порода крупного рогатого скота из Республики Калмыкия.

Практика перемещения скота на столь значительные расстояния (более 10 тысяч км) обосновывается последними достижениями науки. Так, выбор калмыцкой породы крупного рогатого скота в качестве перспективной для разведения в суровых условиях Якутии определялся тесной генетической связью животных калмыцкой породы с якутским скотом, разводимым сегодня в Республике Саха (Якутия) и хорошо приспособившимся к условиям этого региона (Yurchenko A et al., 2018). Калмыцкая порода, так же как и якутская, относится к уникальной Турано-монгольской генетической группе (Sermyagin AA et al., 2018). Более чем 400 лет назад прародители этого скота были перемещены калмыцким народом из Монголии на территорию современной Республики Калмыкия и соседних субъектов РФ. Калмыцкий скот обладает уникальной экологической пластичностью и адаптационными способностями (Каюмов Ф.Г. и Еременко В.К., 2001).

Проблема акклиматизации и адаптации сельскохозяйственных животных к различным условиям окружающей среды является одной из важных проблем современной науки, это связано в том числе и с глобальным потеплением климата (Godfray HC et al., 2010; Hoffmann AA et al., 2017; Johnson CN et al., 2017), что в свою очередь требует понимания механизмов тепловой акклиматизации и/или адаптации у животных (Pacifci M et al., 2015; Pacifci M et al., 2017).

Известно, что способность к адаптивности животных определяется способностью выживать и размножаться в новой среде (Prayaga KC et al., 2005). Успешная адаптация к новым условиям сопряжена с морфофункциональными изменениями в организме животных (Young BA et al., 1989), в том числе на уровне минерального обмена (Izgüt-Uysal VN et al., 2000; Sheibaninia A., 2014).

Оценка этих изменений возможна по составу шерсти (Patra RC et al., 2006) с последующей интерпретацией полученных данных для оценки состояния здоровья животного (Miroshnikov SA et al., 2017), что особенно актуально при исследованиях акклиматизационных способностей животных.

Специфика пастбищного содержания в мясном скотоводстве определяет уникальность элементного статуса на отдельных территориях. В связи с чем перемещение скота на большие расстояния в другие биогеохимические провинции способно привести к патологии и падежу. Тогда как комплекс мер по оценке и коррекции элементного статуса в период до и после перемещения скота обеспечивает увеличение сохранности поголовья.

Цель исследования.

Изучение и сравнительный анализ адаптационных изменений элементного статуса и гематологических показателей калмыцкого скота, завезённого из Республики Калмыкия в Республику Саха (Якутия), и его потомков.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Коровы калмыцкой породы, полученные в марте-апреле 2011 года на территории Республики Калмыкия и привезённые в 2013 году в СХПК «Солооюн» Республика Саха (Якутия), и их потомки 1 (февраль-март 2014 года рождения) и 2 (ноябрь-декабрь 2016 года рождения) поколений, полученные в условиях данного хозяйства. Живая масса коров в период отбора биосубстратов составляла $480,4 \pm 13,8$ кг. Возраст – 2,3-8,0 лет.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and “The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)”. При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых образцов.

Характеристика территорий, природно-климатические условия. Климат Республики Калмыкия, места происхождения завезённого скота (широта, долгота: 46.3078, 44.2558) – резко континентальный. Средняя температура холодного месяца (январь) – -9 °С, жаркого (июль) – $+25$ °С, с амплитудой колебаний от -35 °С до $+40$ °С. В этом регионе часты засухи и суховеи. Годовое количество осадков – 250-300 мм. Травостой естественных пастбищ состоит из тимофеевки, костра безостого, ежи сборной, овсяницы и ковыля.

Климат на территории размещения скота в СХПК «Солооюн» Республика Саха (Якутия) (широта, долгота: 61.710589, 129.466690) – резко континентальный, с длинной зимой (отрицательные температуры держатся около 8 месяцев) и коротким летом. Средняя температура холодного месяца (январь) – -42 °С, жаркого (июль) – $+18$ °С, с амплитудой колебаний температуры воздуха более 100 °С – от $+40$ °С летом до -65 °С зимой. Зима в Якутии – продолжительная, холодная и малоснежная, лето – короткое, засушливое с относительно высокими температурами. Годовое количество осадков не превышает 200-255 мм. Основу травостоя формируют разнотравно-пырейные и нередко осоково-разнотравные или осоково-пырейно-разнотравные сообщества с доминированием пырея ползучего и осоки твердовой. Распространённые виды растений степей: типчак колымский, тонконог тонкий и полуголый, ковыль-тырса, житняк гребенчатый, степные мятлики, полевицы и другие.

Промышленные производства, оказывающие непосредственное влияние на биогеохимическую обстановку, представлены горнодобывающими предприятиями по добыче железных и титановых руд, меди, цинка и золота. Развиты газо- и нефтедобывающая промышленности, включающие первичную переработку.

Схема эксперимента. Формирование групп осуществлялось из числа клинически здоровых коров калмыцкой породы. Проведено сравнение элементного статуса, морфологических показателей крови, а также показателей естественной резистентности организма коров: I группа – завезённые из Республики Калмыкия в Республику Саха (Якутия) ($n=75$), II – коровы-потомки 1 поколения ($n=28$) и III группа – коровы-потомки 2 поколения ($n=16$), полученные в Якутии.

Кормление животных с момента поставки осуществлялось рационами, составленными с учётом рекомендаций (Калашников А.П. и др., 2003).

Рацион кормления скота в стойловый период состоял из сена злакового разнотравья (7 кг), концентратов (ячмень, овёс, шрот подсолнечный) – 3,0 кг, в пастбищный – разнотравье.

Оценка элементного статуса. Образцы шерсти массой не менее 0,4 г отбирались с верхней части холки животных согласно методики (Miroshnikov S et al., 2015) в марте 2019 года.

Элементный состав биосубстратов исследовали по 25 показателям методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в Испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Registration Certificate of ISO 9001: 2000, Number 4017 – 5.04.06, г. Москва, Россия). Озоление биосубстратов проводили с использованием микроволновой системы разложения MD-2000. Оценка содержания элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра Elan 9000 и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 V.

Отбор и исследование крови. Образцы крови (4 мл) были взяты от каждой коровы из хвостовой вены в вакуумную пробирку с антикоагулянтом (EDTA), иглы для забора крови – Bodywin. Морфологические показатели определяли с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus.

Оборудование и технические средства. Лабораторные исследования проводились в центре «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» и Испытательном центре ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.15). Микроволновая система разложения MD-2000 (США), масс-спектрометр Elan 9000 (Perkin Elmer, США), атомно-эмиссионного спектрометр Optima 2000 V (Perkin Elmer, США), вакуумные пробирки с антикоагулянтом (EDTA), иглы для забора крови – Bodywin, автоматический гематологический анализатор URIT-2900 Vet Plus («URIT Medial Electronic Co., Ltd», Китай).

Статистическая обработка. Для проверки гипотезы о нормальности распределения других количественных признаков применяли критерий Шапиро-Уилка. Закон распределения исследуемых числовых показателей отличался от нормального, поэтому достоверность различий проверяли при помощи U-критерия Манна-Уитни. Для определения существования силы функциональных связей между параметрами вычисляли коэффициенты корреляции Спирмена (K_s). Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (P), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался меньшим или равным 0,05. Для обработки данных использовали пакет прикладных программ «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). В таблицах приведены средние значения показателей (M) и их стандартные отклонения ($\pm STD$).

Результаты исследований.

Сравнительный анализ шерсти животных сравнимых групп выявил следующие особенности элементного статуса коров калмыцкой породы (табл. 1).

Таблица 1. Концентрация химических элементов в шерсти коров калмыцкой породы, мг/кг ($M \pm STD$)

Table 1. The concentration of chemical elements in hair of cows of the Kalmyk breed, mg/kg ($M \pm STD$)

Элемент / <i>Element</i>	Группа / <i>Group</i>		
	I	II	III
1	2	3	4
Макроэлементы / <i>Macroelements</i>			
Ca	1712±247	2603±516 ^a	2213±664,3
Na	1770±634	3184±1110 ^a	2901±1304
K	2751±736	4816±2136 ^a	3498±1538
P	209,7±36,8	252,1±76,3	268±64,6
Mg	935,6±459,7	1417±636,9	884±551,1
Эссенциальные микроэлементы / <i>Essential trace elements</i>			
Co	0,269±0,156	0,219±0,118	0,173±0,077
I	0,59±0,276	1,04±0,302 ^a	0,964±0,729
Cr	2,17±0,376	1,46±0,877	1,08±0,401 ^b
Cu	6,49±1,206	7,62±1,37	7,96±0,689 ^b
Fe	694,4±225,3	473,3±190,3	474,9±172,5
Mn	16,27±6,43	44,04±16,67 ^a	20,86±15,46 ^c
Se	0,283±0,082	0,333±0,062	0,241±0,082 ^c
Zn	86,5±16,7	114,8±23,1 ^a	109,6±13,3 ^b

Продолжение 1 таблицы

1	2	3	4
Условно-эссенциальные микроэлементы / Conditionally essential trace elements			
Si	297±211	130±116	82,5±81,5 ^b
Ni	2,74±2,77	1,11±0,46	0,94±0,41
B	1,97±0,569	3,56±1,27 ^a	2,18±1,63
Li	0,52±0,22	0,45±0,201	0,40±0,174
V	0,934±0,446	0,787±0,397	0,669±0,315
As	0,154±0,079	0,389±0,617	0,083±0,037
Токсичные элементы / Toxic elements			
Al	436±194	317±183	332±141
Sn	0,835±1,49	0,151±0,263	0,119±0,226
Pb	0,439±0,129	0,424±0,112	0,289±0,081 ^{bc}
Cd	0,010±0,003	0,009±0,003	0,008±0,003
Hg	0,020±0,009	0,008±0,006 ^a	0,004±0,001 ^c
Sr	8,65±2,09	12,38±3,84 ^a	8,82±4,88

Примечание: ^a – P≤0,05 – II группа по сравнению с I; ^b – P≤0,05 – III группа по сравнению с I; ^c – P≤0,05 – III группа по сравнению с I

Note: ^a – P≤0.05 – II group in comparison with I; ^b – P≤0.05 – III group in comparison with I; ^c – P≤0.05 – III group in comparison with I

Результаты сравнительной оценки химического состава шерсти коров калмыцкой породы выявили значительную разницу в концентрациях элементов в зависимости от поколения завезённого скота. Так, в волосах коров II группы содержалось больше Ca, Na, K, I, Mn, Zn, B, Sr в сравнении с I группой. Причём различия по отдельным элементам оказались крайне значительными (рис. 1).

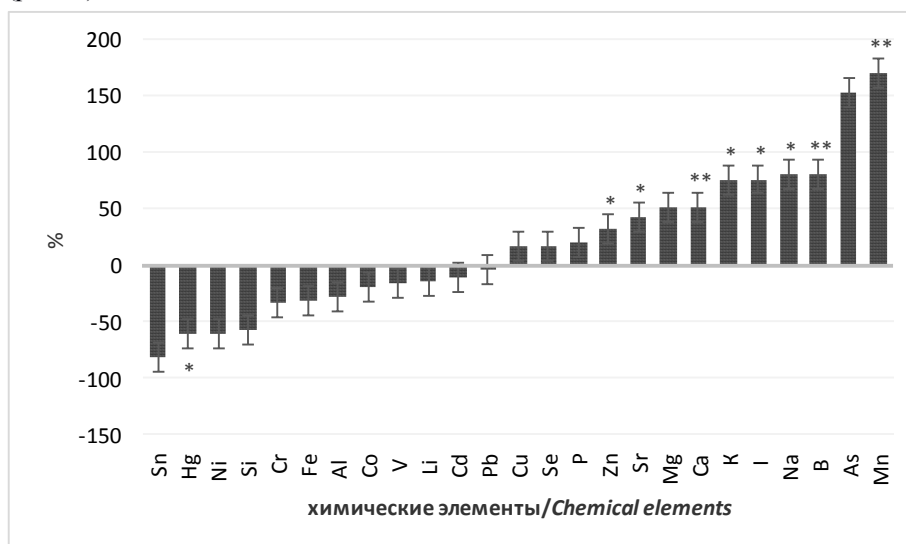


Рис. 1 – Разница по величине концентраций химических элементов в шерсти коров II группы относительно I, %

Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,01, *** – P≤0,001

Figure 1 – The difference in the concentration of chemical elements in the wool of cows of group II relative to I, %

Note: * – P≤0.05; ** – P≤0.01; *** – P≤0.001

Изучение концентрации элементов в шерсти показала существенные изменения в минеральном обмене и у коров III группы относительно I (рис. 2).

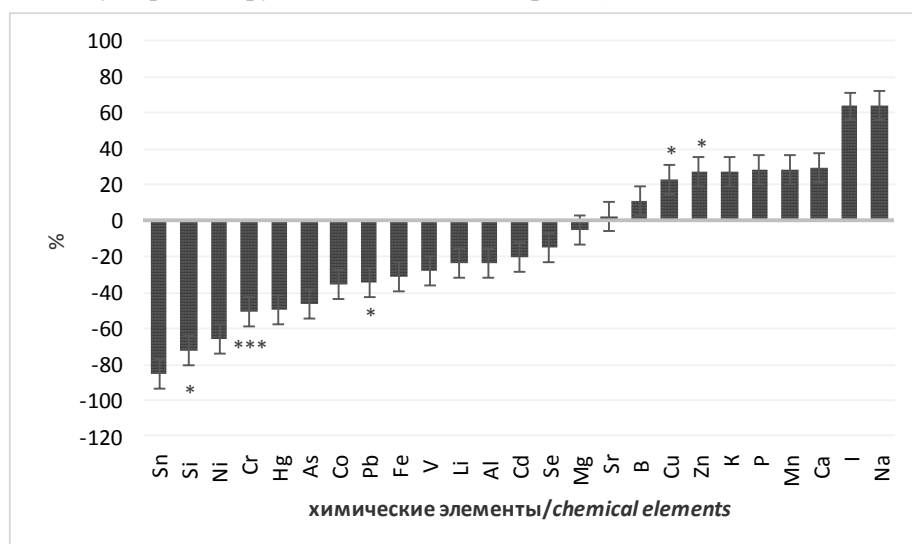


Рис. 2 – Разница по величине концентраций химических элементов в волосах коров III группы относительно I, %

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P < 0,001$

Figure 2 – The difference in the concentration of chemical elements in the wool of cows of group III relative to I, %

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$

Установлено, что у коров, завезённых в Республику Саха (Якутия), в шерсти наблюдалась относительно меньшая концентрация цинка на 26,6 % ($P \leq 0,05$) и меди на 22,7 % ($P \leq 0,05$) на фоне увеличенного содержания кремния – на 72,3 % ($P \leq 0,05$), хрома – на 50,5 % ($P \leq 0,001$) и свинца – на 34,2 % ($P \leq 0,05$) в сравнении со 2 поколением, полученным в этой биогеохимической провинции.

Выявлен факт различий в минерализации волос по показателю суммы количества веществ (табл. 2).

Таблица 2. Количество химических элементов в шерсти коров, ммоль/кг

Table 2. The number of chemical elements in hair of cows, mmol / kg

Элементы/ Elements	Группа/Group		
	I	II	III
Макроэлементы/Macroelements	235,3±27,28	393,0±117,78**	315,8±108,11
Эссенциальные элементы/ Essential elements	14,2±4,18	11,2±3,45	10,7±3,39
Условно-эссенциальные микроэлементы/ Conditionally essential trace elements	11,0±7,50	5,6±5,14	3,3±2,80*
Токсичные элементы/Toxic elements	16,83±7,44	12,30±7,02	12,81±5,45

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ (по отношению к завезённым)

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$ (in relation to the imported)

В шерсти потомства 1 поколения (II группа) повысилось количество макроэлементов на 67,0 % ($P \leq 0,01$), у коров 2 поколения (III группа) снизилось количество условно-эссенциальных микроэлементов на 70,0 % ($P \leq 0,05$) по отношению к завезённым коровам.

Морфологические показатели крови имели значительные различия в разрезе изучаемых групп (табл. 3).

Таблица 3. Морфологические показатели крови коров калмыцкой породы разных поколений
Table 3. Morphological blood parameters of cows of Kalmyk breed of different generations

Показатель/Indicator	Группа/Group		
	I	II	III
Лейкоциты, 10^9 кл/л/White blood cells, 10^9 cl/l	8,42±2,79	9,73±2,71	10,76±3,5
Лимфоциты, 10^9 кл/л/Lymphocytes, 10^9 cl/l	3,27±1,31	3,73±1,41	5,74±2,11*
Гранулоциты (GRA), 10^9 кл/л / Granulocytes (GRA), 10^9 cl/L	4,17±1,53	5,32±2,57	3,52±1,57
Эритроциты (RBC), 10^{12} кл/л/ Red blood cells (RBC), 10^{12} cl/l	6,03±0,80	8,08±1,08**	11,5±3,78**
Гемоглобин (Hb), г/л/Hemoglobin (Hb), g/l	103,3±15,25	109,9±9,48	115,0±12,40
Гематокрит (HCT), %/Hematocrit (HCT), %	32,65±5,32	34,39±2,98	45,28±22,04

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ (по отношению к I группе)

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$ (in comparison to group I)

Остановившись на отдельных параметрах, следует отметить, что коровы завезённые в Республику Саха (Якутия), (I группа) уступали коровам из III по концентрации в крови лимфоцитов на 43,0 % ($P \leq 0,05$). Концентрация эритроцитов (RBC) имела устойчивую ($P \leq 0,01$) тенденцию к увеличению (на 34,0–47,6 %) от поколения завезённого скота к последующим.

Средний объём эритроцитов и величина среднего содержания гемоглобина в отдельном эритроците (MCH) при этом имели обратную зависимость от их концентрации и снижались у коров 1 и 2 поколений относительно завезённого скота (табл. 4.).

Таблица 4. Эритроцитарные индексы крови коров калмыцкой породы разных поколений
Table 4. Erythrocyte indices of cows of the Kalmyk breed of different generations

Показатель/Indicator	Группа/Group		
	I	II	III
Средний объём эритроцитов (MCV), фЛ/The average volume of red blood cells (MCV), fL	54,14±4,56	42,14±5,27***	38,71±6,68***
Среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците (MCH), пг/ The average hemoglobin content in a single red blood cell (MCH), pg	17,21±1,75	15,09±3,02	10,91±3,39***
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитарной массе (MCHC), г/л /The average concentration of hemoglobin in the erythrocyte mass (MCHC), g/l	317,9±10,7	319,0±5,1	290,4±90,1
Ширина распределения эритроцитов (RDW-CV), фЛ/ The width of the distribution of red blood cells (RDW-CV), fL	20,8±1,76	23,27±1,35*	22,07±5,73

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ (по отношению к I группе)

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$ (in comparison to group I)

Ширина распределения эритроцитов имела максимальное значение для коров II группы (11,9 %; $P \leq 0,05$) по отношению к I.

Расчёт тромбоцитарных индексов для животных изучаемых групп статистически значимых различий не выявил (табл. 5).

Таблица 5. Тромбоцитарные индексы крови коров калмыцкой породы разных поколений
Table 5. Platelet indices of blood of cows of the Kalmyk breed from different generations

Показатель/Indicator	Группа/Group		
	I	II	III
Тромбоциты (PLT), 10^9 кл/л/ Platelets (PLT), 10^9 cl / l	427,9±81,8	448,9±83,7	461,5±191,0
Тромбокрит (PCT), %/ Thrombocrit (PCT), %	0,610±0,54	0,313±0,05	0,342±0,18
Средний объём тромбоцитов (MPV), fl / Average platelet volume (MPV), fl	7,66±0,54	7,1±0,47	6,72±0,98
Относительная ширина распределения тромбоцитов по объёму (PDWc), fl / The relative width of the distribution of platelets by volume (PDWc), fl	34,39±1,78	35,73±1,85	30,82±6,32

Обсуждение полученных результатов.

Анализ практики разведения калмыцкого скота в условиях Республики Саха (Якутия) в течение последних десяти лет показал высокие акклиматизационные характеристики этих животных. Отмечается хорошая воспроизводительная способность этого скота, низкий отход на протяжении всего цикла разведения. Очевидно, что дифференциальная толерантность калмыцкой породы может быть обусловлена высокой врождённой пластичностью (Seebacher F et al., 2015). Известно, что адаптация к окружающей среде – это сложный и непрерывный процесс, вызванный мутациями (Savolainen O et al., 2013), в то время как акклиматизация включает изменения в физиологии, в том числе через экспрессию генов (Pacifici M et al., 2015; Pacifici M et al., 2017). Для рассматриваемого случая перемещения калмыцкого скота с Юга России в суровые условия Крайнего Севера физиологическая акклиматизация к изменениям окружающей среды включает вариацию реакции теплового шока, тогда как другие механизмы опосредуют эволюционные изменения адаптационных возможностей, связанные с градиентами окружающей среды (Cahan SH et al., 2017).

По мере изменения климата организмы адаптируются, акклиматизируются, перемещаются или умирают (Nabary A et al., 2017). Как следует из полученных нами данных, акклиматизация животных калмыцкой породы оказалась тесно связана с изменениями в минеральном обмене, что в целом соответствует ранее полученным данным (Izgüt-Uysal VN et al., 2000; Sheibaninia A, 2014). Так, у животных 1 поколения, полученных на территории Якутии, отмечалось увеличение обменных пулов Ca, Na, K, I, Mn, Zn, B, Sr. Для особей 2 поколения было характерно нарастание пулов Cu, Zn по сравнению с завезённым скотом. Наиболее характерным для потомков завезённого скота стало увеличение концентрации в шерсти цинка на 24,6 % ($P \leq 0,05$) в 1 поколении и на 21,0 % – во 2 поколении. Эти изменения могут объясняться адаптационной перестройкой организма коров к условиям Республики Саха (Якутия) (Ермаков ВВ, 2017; Скальный А.В. и др., 2014) с учётом указаний на отсутствие влияния возраста на накопление химических элементов (Varganova DV et al., 2018).

Известно, что размер пула цинка в организме крупного рогатого скота напрямую связан с уровнями содержания цинка в окружающей среде (Alonso ML et al., 2002). Между тем нарастание концентраций цинка может свидетельствовать и о стрессовом состоянии животных, и о скорости обменных процессов в организме (Izgüt-Uysal VN et al., 2000; Sheibaninia A, 2014).

Ранее было выявлено, что обмен цинка тесно связан с количеством эритроцитов и уровнем гемоглобина (El Hendy HA et al., 2001), в нашем исследовании статистически значимая разница и положительная корреляция получена только по RBC ($r = 0,53$, $P \leq 0,01$) и отрицательная – по среднему содержанию гемоглобина в отдельном эритроците (MCH) ($r = -0,47$, $P \leq 0,001$). Между тем нарастание концентрации гемоглобина в крови на фоне акклиматизации рассматривается в числе наиболее характерных условий хорошего приспособления организма к меняющимся условиям среды и ранее описано у скота на фоне климатических изменений (Brans KI et al., 2017).

На фоне адаптационных изменений в организме скота мы, так же как и ранее Tishevskaya NV с соавторами (2018), отмечали увеличение в крови лимфоцитов и лейкоцитов, являющихся достоверными показателями индивидуальной стресс-нагрузки (Hessen DO et al., 2013). Эти изменения в совокупности со снижением размера эритроцитов, среднего объема тромбоцитов свидетельствуют о нарастании генетических изменений на фоне акклиматизации скота в условиях теплового стресса. Аналогичные результаты были описаны ранее (Gutiérrez-Alonso O et al., 2017; Rabouille C and Alberti S, 2017) в сходных условиях.

Проведённые исследования López-Alonso M et al. (2005) указывают на конкуренцию Cu и Zn между собой, в нашем исследовании этого не произошло, получена положительная корреляционная связь между накоплением этих металлов ($r=0,73$).

Повышение обменного пула Zn в организме коров, полученных на территории Якутии, в сравнении с завезёнными из Калмыкии можно объяснить и снижением уровня токсичных элементов Hg и Pb, которые выступают антагонистами к ряду эссенциальных элементов, включая и Zn (Abdulla M and Chmielnicka J, 1989; Afridi HI et al., 2014).

Выводы.

На фоне адаптации к суровым условиям Якутии элементный статус крупного рогатого скота претерпевает существенные изменения, связанные с накоплением Ca, Na, K, I, Cu, Zn и снижением Cr, Si, Pb, Hg.

Гематологические показатели претерпевают изменения по мере акклиматизации скота, так, отмечается от поколения к поколению увеличение концентрации эритроцитов и лимфоцитов с одновременным снижением среднего объема эритроцитов и гемоглобина в отдельном эритроците.

Литература

1. Каюмов Ф.Г., Еременко В.К. Калмыцкая порода скота в условиях Южного Урала и Западного Казахстана. Оренбург: Газпромпечат, 2001. 383 с. [Kayumov FG, Eremenko VK. Kalmytskaya poroda skota v usloviyakh Yuzhnogo Urala i Zapadnogo Kazakhstana. Orenburg: Gazprompechat, 2001:383 p. (In Russ)].
2. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP, et al. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh: sprav. posobie. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p. (In Russ)].
3. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации / А.В. Скальный., С.А. Мирошников, С.В. Нотова, И.П. Болодурина, С.В. Мирошников, И.Э. Алиджанова // Экология человека. 2014. № 9. С. 14-17. [Skalny AV, Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, Bolodurina IP, Alidzhanova IE. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. Human Ecology. 2014;9:14-17. (In Russ)].

4. Чугунов А.В., Захарова Л.Н. Крупный рогатый скот в Якутии, завезённый из разных регионов // Главный зоотехник. 2017. № 11. С. 39-44. [Chugunov A, Zakharova L. Cattle in Yakutia, imported from different regions. *Glavnyi zootekhnik*. 2017;11:39-44. (*In Russ*)].
5. Abdulla M, Chmielnicka J. New aspects on the distribution and metabolism of essential trace elements after dietary exposure to toxic metals. *Biol Trace Elem Res*. 1989;23(1):25-53. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02917176>
6. Afridi HI, Kazi TG, Talpur FN, Kazi A, Arain SS, Arain SA, Brahman KD, Panhwar AH, Naeemullah, Shezadi M, Ali J. Interaction between essential elements selenium and zinc with cadmium and mercury in samples from hypertensive patients. *Biol Trace Elem Res*. 2014;160(2):185-196. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0048-y>
7. Alonso ML, Benedito JL, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Shore RF. Cattle as biomonitors of soil arsenic, copper, and zinc concentrations in Galicia (NW Spain). *Arch Environ Contam Toxicol*. 2002;43(1):103-108. doi: <https://doi.org/10.1007/s00244-002-1168-5>
8. Brans KI, Jansen M, Vanoverbeke J, Tüzün N, Stoks R, De Meester L. The heat is on: genetic adaptation to urbanization mediated by thermal tolerance and body size. *Glob Chang Biol*. 2017;23(12):5218-5227. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13784>
9. Cahan SH, Nguyen AD, Stanton-Geddes J, Penick CA, Hernáiz-Hernández Y, DeMarco BB, Gotelli NJ. Modulation of the heat shock response is associated with acclimation to novel temperatures but not adaptation to climatic variation in the ants *Aphaenogaster picea* and *A. rudis*. *Comp Biochem Physiol, Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2017;204:113-120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2016.11.017>
10. El Hendy HA, Yousef MI, Abo El-Naga NI. Effect of dietary zinc deficiency on hematological and biochemical parameters and concentrations of zinc, copper, and iron in growing rats. *Toxicology*. 2001;167(2):163-170. doi: [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(01\)00373-0](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(01)00373-0)
11. Ermakov VV. A.P. Vinogradov's concept of biogeochemical provinces and its development. *Geochemistry International*. 2017;55(10):872-886. doi: <https://doi.org/10.1134/S0016702917100044>
12. Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 2010;327(5967):812-818. doi: [10.1126/science.1185383](https://doi.org/10.1126/science.1185383)
13. Gutiérrez-Alonso O, Hawkins NJ, Cools HJ, Shaw MW, Fraaije BA. Dose-dependent selection drives ineqe replacement during the experimental evolution of SDHI fungicide resistance in *Zygomycetia tritici*. *Evolutionary Applications*. 2017;10(10):1055-1066. doi: <https://doi.org/10.1111/eva.12511>
14. Habary A, Johansen JL, Nay TJ, Steffensen JF, Rummer JL. Adapt, move or die-how will tropical coral reef fishes cope with ocean warming? *Global Change Biology*. 2017;23(2):566-577. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13488>
15. Hessen DO, Daufresne M, Leinaas HP. Temperature-size relations from the cellular-genomic perspective. *Biol Rev*. 2013;88(2):476-489. doi: <https://doi.org/10.1111/brv.12006>
16. Hoffmann AA, Sgro CM, Kristensen TN. Revisting adaptive potential, population size, and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*. 2017; 32(7):506-517. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.03.012>
17. Izgüt-Uysal VN, Der.in N, Ağaç A. Effect of cold-restraint stress on the distribution of trace elements in rat tissues. *Biological Trace Element Research*. 2000;78(1-3):149-155. doi: <https://doi.org/10.1385/BTER:78:1-3:149>
18. Johnson CN, Balmford A, Brook BW, Buettel JC, Galetti M, Guangchun L, Wilmschurst JM. Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science*. 2017;356(6335):270-275. doi: [10.1126/science.aam9317](https://doi.org/10.1126/science.aam9317)
19. López-Alonso M, Prieto F, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Benedito JL. The role of metallothionein and zinc in hepatic copper accumulation in cattle. *Vet J*. 2005;169(2):262-267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.01.019>

20. Miroshnikov S, Kharlamov A, Zavyalov O, Frolov A, Duskaev G, Bolodurina I, Arapova O. Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015;14(9):632-636. doi: 10.3923/pjn.2015.632.636
21. Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Bolodurina IP, Kalashnikov VV, Grabeklis AR, Tinkov AA, Skalny AV. The reference intervals of hair trace element content in hereford cows and heifers (*Bos taurus*). *Biological Trace Element Research*. 2017;180(1):56-62. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5>
22. Pacifici M, Foden WB, Visconti P, Watson JEM, Butchart SHM, Kovacs KM, Scheffers BR, Hole DG, Martin TG, Akçakaya HR, Corlett RT, Huntley B, Bickford D, Carr JA, Hoffmann AA, Midgley GF, Pearce-Kelly P, Pearson RG, Williams SE, Willis SG, Young B, Rondinini C. Assessing species vulnerability to climate change. *Nature climate change*. 2015;5:215-224. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate2448>
23. Pacifici M, Visconti P, Butchart SHM, Watson JEM, Cassola FM, Rondinini C. Species' traits influenced their response to recent climate change. *Nat Clim Chang*. 2017;7:205-208. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate3223>
24. Patra RC, Swarup D, Sharma MC, Naresh R. Trace mineral profile in blood and hair from cattle environmentally exposed to lead and cadmium around different industrial units. *J Vet Med A*. 2006;53(10):511-517. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2006.00868.x>
25. Prayaga KC, Henshall JM. Adaptability in tropical beef cattle: genetic parameters of growth, adaptive and temperament traits in a crossbred population. *Aust J Exp Agri*. 2005;45(8):971-983. doi: <https://doi.org/10.1071/EA05045>
26. Rabouille C, Alberti S. Cell adaptation upon stress: the emerging role of membrane-less compartments. *Curr Opin Cell Biol*. 2017;47:34-42. doi: 10.1016/j.ceb.2017.02.006
27. Savolainen O, Lascoux M, Merilä J. Ecological genomics of local adaptation. *Nat Rev Genet*. 2013;14(11):807-820. doi: <https://doi.org/10.1038/nrg3522>
28. Seebacher F, White CR, Franklin CE. Physiological plasticity increases resilience of ectothermic animals to climate change. *Nat Clim Chang*. 2015;5:61-66. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate2457>
29. Sermyagin AA, Dotsev AV, Gladyr EA, Traspov AA, Deniskova TE, Kostyunina OV, Reyer H, Wimmers K, Barbato M, Paronyan IA, Plemiyashov KV, Sölkner J, Popov RG, Brem G, Zinovieva NA. Whole-genome SNP analysis elucidates the genetic structure of Russian cattle and its relationship with Eurasian taurine breeds. *Genet Sel Evol*. 2018;50(1):37. doi: <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0408-8>
30. Sheibaninia A. The Effect of Social Stress on Salivary Trace Elements. *Biological Trace Element Research*. 2014;162(1-3):58-63. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0119-0>
31. Tishevskaya NV, Babaeva AG, Gevorkyan NM. Effect of lymphocyte morphogenetic activity on organism reactivity and resistibility. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2018;49(1):48-59. doi: <https://doi.org/10.1134/S106236041801006X>
32. Varganova DV, Vinogradova IA, Lugovaya EA. The elemental status of senior residents in Petrozavodsk. *Advances in Gerontology*. 2018;8(4):309-314. doi: <https://doi.org/10.1134/S2079057018040161>
33. Young BA, Walker B, Dixon AE, Walker VA. Physiological Adaptation to the Environment. *Journal of Animal Science*. 1989;67(9):2426-2432. doi: <https://doi.org/10.2527/jas1989.6792426x>
34. Yurchenko A, Yudin N, Aitnazarov R, Plyusnina A, Brukhin V, Soloshenko V, et al. Genome-wide genotyping uncovers genetic profiles and history of the Russian cattle breeds. *Heredity*. 2018;120(2):125-137. doi: <https://doi.org/10.1038/s41437-017-0024-3>

References

1. Kayumov FG, Eremenko VK. The Kalmyk breed of cattle in the conditions of the Southern Urals and Western Kazakhstan. Orenburg: Gazpromprint; 2001.383 p.
2. Kalashnikov AP, et al. Standards and diets of farm animals: Ref. book. 3rd ed., rework. and add. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p.

3. Skalny AV, Miroschnikov SA, Notova SV, Miroschnikov SV, Bolodurina IP, Alidzhanova IE. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. *Human Ecology*. 2014;9:14-17.
4. Чугунов А.В., Захарова Л.Н. Крупный рогатый скот в Якутии, завезённый из разных регионов // Главный зоотехник. 2017. № 11. С. 39-44. [Chugunov A, Zakharova L. Cattle in Yakutia, imported from different regions. *Chief Livestock*. 2017;11:39-44. (*In Russ*)].
5. Abdulla M, Chmielnicka J. New aspects on the distribution and metabolism of essential trace elements after dietary exposure to toxic metals. *Biol Trace Elem Res*. 1989;23(1):25-53. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02917176>
6. Afridi HI, Kazi TG, Talpur FN, Kazi A, Arain SS, Arain SA, Brahman KD, Panhwar AH, Naeemullah, Shezadi M, Ali J. Interaction between essential elements selenium and zinc with cadmium and mercury in samples from hypertensive patients. *Biol Trace Elem Res*. 2014;160(2):185-196. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0048-y>
7. Alonso ML, Benedito JL, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Shore RF. Cattle as biomonitors of soil arsenic, copper, and zinc concentrations in Galicia (NW Spain). *Arch Environ Contam Toxicol*. 2002;43(1):103-108. doi: <https://doi.org/10.1007/s00244-002-1168-5>
8. Brans KI, Jansen M, Vanoverbeke J, Tüzün N, Stoks R, De Meester L. The heat is on: genetic adaptation to urbanization mediated by thermal tolerance and body size. *Glob Chang Biol*. 2017;23(12):5218-5227. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13784>
9. Cahan SH, Nguyen AD, Stanton-Geddes J, Penick CA, Hernáiz-Hernández Y, DeMarco BB, Gotelli NJ. Modulation of the heat shock response is associated with acclimation to novel temperatures but not adaptation to climatic variation in the ants *Aphaenogaster picea* and *A. rudis*. *Comp Biochem Physiol, Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2017;204:113-120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2016.11.017>
10. El Hendy HA, Yousef MI, Abo El-Naga NI. Effect of dietary zinc deficiency on hematological and biochemical parameters and concentrations of zinc, copper, and iron in growing rats. *Toxicology*. 2001;167(2):163-170. doi: [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(01\)00373-0](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(01)00373-0)
11. Ermakov VV. A.P. Vinogradov's concept of biogeochemical provinces and its development. *Geochemistry International*. 2017;55(10):872-886. doi: <https://doi.org/10.1134/S0016702917100044>
12. Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 2010;327(5967):812-818. doi: [10.1126/science.1185383](https://doi.org/10.1126/science.1185383)
13. Gutiérrez-Alonso O, Hawkins NJ, Cools HJ, Shaw MW, Fraaije BA. Dose-dependent selection drives ineqe replacement during the experimental evolution of SDHI fungicide resistance in *Zygomycetia tritici*. *Evolutionary Applications*. 2017;10(10):1055-1066. doi: <https://doi.org/10.1111/eva.12511>
14. Habary A, Johansen JL, Nay TJ, Steffensen JF, Rummer JL. Adapt, move or die-how will tropical coral reef fishes cope with ocean warming? *Global Change Biology*. 2017;23(2):566-577. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13488>
15. Hessen DO, Daufresne M, Leinaas HP. Temperature-size relations from the cellular-genomic perspective. *Biol Rev*. 2013;88(2):476-489. doi: <https://doi.org/10.1111/brv.12006>
16. Hoffmann AA, Sgro CM, Kristensen TN. Revisting adaptive potential, population size, and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*. 2017; 32(7):506-517. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.03.012>
17. Izgüt-Uysal VN, Der.in N, Ağaç A. Effect of cold-restraint stress on the distribution of trace elements in rat tissues. *Biological Trace Element Research*. 2000;78(1-3):149-155. doi: <https://doi.org/10.1385/BTER:78:1-3:149>
18. Johnson CN, Balmford A, Brook BW, Buettel JC, Galetti M, Guangchun L, Wilmschurst JM. Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science*. 2017;356(6335):270-275. doi: [10.1126/science.aam9317](https://doi.org/10.1126/science.aam9317)

19. López-Alonso M, Prieto F, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Benedito JL. The role of metallothionein and zinc in hepatic copper accumulation in cattle. *Vet J.* 2005;169(2):262-267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.01.019>
20. Miroshnikov S, Kharlamov A, Zavyalov O, Frolov A, Duskaev G, Bolodurina I, Arapova O. Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2015;14(9):632-636. doi: 10.3923/pjn.2015.632.636
21. Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Bolodurina IP, Kalashnikov VV, Grabeklis AR, Tinkov AA, Skalny AV. The reference intervals of hair trace element content in hereford cows and heifers (*Bos taurus*). *Biological Trace Element Research.* 2017;180(1):56-62. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5>
22. Pacifici M, Foden WB, Visconti P, Watson JEM, Butchart SHM, Kovacs KM, Scheffers BR, Hole DG, Martin TG, Akçakaya HR, Corlett RT, Huntley B, Bickford D, Carr JA, Hoffmann AA, Midgley GF, Pearce-Kelly P, Pearson RG, Williams SE, Willis SG, Young B, Rondinini C. Assessing species vulnerability to climate change. *Nature climate change.* 2015;5:215-224. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate2448>
23. Pacifici M, Visconti P, Butchart SHM, Watson JEM, Cassola FM, Rondinini C. Species' traits influenced their response to recent climate change. *Nat Clim Chang.* 2017;7:205-208. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate3223>
24. Patra RC, Swarup D, Sharma MC, Naresh R. Trace mineral profile in blood and hair from cattle environmentally exposed to lead and cadmium around different industrial units. *J Vet Med A.* 2006;53(10):511-517. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2006.00868.x>
25. Prayaga KC, Henshall JM. Adaptability in tropical beef cattle: genetic parameters of growth, adaptive and temperament traits in a crossbred population. *Aust J Exp Agri.* 2005;45(8):971-983. doi: <https://doi.org/10.1071/EA05045>
26. Rabouille C, Alberti S. Cell adaptation upon stress: the emerging role of membrane-less compartments. *Curr Opin Cell Biol.* 2017;47:34-42. doi: 10.1016/j.ceb.2017.02.006
27. Savolainen O, Lascoux M, Merilä J. Ecological genomics of local adaptation. *Nat Rev Genet.* 2013;14(11):807-820. doi: <https://doi.org/10.1038/nrg3522>
28. Seebacher F, White CR, Franklin CE. Physiological plasticity increases resilience of ectothermic animals to climate change. *Nat Clim Chang.* 2015;5:61-66. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate2457>
29. Sermyagin AA, Dotsev AV, Gladyr EA, Traspov AA, Deniskova TE, Kostyunina OV, Reyer H, Wimmers K, Barbato M, Paronyan IA, Plemyashov KV, Sölkner J, Popov RG, Brem G, Zinovieva NA. Whole-genome SNP analysis elucidates the genetic structure of Russian cattle and its relationship with Eurasian taurine breeds. *Genet Sel Evol.* 2018;50(1):37. doi: <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0408-8>
30. Sheibaninia A. The Effect of Social Stress on Salivary Trace Elements. *Biological Trace Element Research.* 2014;162(1-3):58-63. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0119-0>
31. Tishevskaya NV, Babaeva AG, Gevorkyan NM. Effect of lymphocyte morphogenetic activity on organism reactivity and resistibility. *Russian Journal of Developmental Biology.* 2018;49(1):48-59. doi: <https://doi.org/10.1134/S106236041801006X>
32. Varganova DV, Vinogradova IA, Lugovaya EA. The elemental status of senior residents in Petrozavodsk. *Advances in Gerontology.* 2018;8(4):309-314. doi: <https://doi.org/10.1134/S2079057018040161>
33. Young BA, Walker B, Dixon AE, Walker VA. Physiological Adaptation to the Environment. *Journal of Animal Science.* 1989;67(9):2426-2432. doi: <https://doi.org/10.2527/jas1989.6792426x>
34. Yurchenko A, Yudin N, Aitnazarov R, Plyusnina A, Brukhin V, Soloshenko V, et al. Genome-wide genotyping uncovers genetic profiles and history of the Russian cattle breeds. *Heredity.* 2018;120(2):125-137. doi: <https://doi.org/10.1038/s41437-017-0024-3>

Слепцов Иван Иванович, кандидат экономических наук, ректор, Якутская государственная сельскохозяйственная академия, 677007, г. Якутск, ул. Сергеляхское шоссе, 3 км, д. 3, тел.: +7(4112) 507-971, e-mail: ysaa.ykt@gmail.com

Тарабукин Николай Ильич, заведующий учебно-производственной ветеринарной клиникой «Айболит», 677010, г. Якутск, ул. Чайковского, 32/1, корпус 1, тел.: +7(4112)36-52-01, сот. 73-38-10

Мирошников Сергей Александрович, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: +7(3532) 30-81-70, e-mail: vniims.or@mail.ru

Фролов Алексей Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: +7(3532)30-81-78, e-mail: forleh@mail.ru

Поступила в редакцию 6 мая 2020 г.; принята после решения редколлегии 15 июня 2020 г.; опубликована 8 июля 2020 г./ Received: 6 May 2020; Accepted: 15 June 2020; Published: 8 July 2020