

Сергей Александрович Мирошников<sup>1</sup>, Саясат Джакслыкович Тюлебаев<sup>2✉</sup>,

Марват Дусангалиевна Кадышева<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия

<sup>1</sup>post@mail.osu.ru

<sup>2</sup>s-tyulebaev@mail.ru

<sup>3</sup>aliya\_ishamanova@mail.ru

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ЖИВОТНЫХ И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В СРЕДЕ ТЕЛОК С РАЗЛИЧНЫМ АЛЛЕЛЬНЫМ НАБОРОМ ГЕНОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С КАЧЕСТВОМ ГОВЯДИНЫ

Цель исследования – определение влияния полиморфизма генов *CAPN1* и *TG5* на элементный статус телок в условиях техногенной зоны Южного Урала. Исследование проводилось в ООО «Совхоз Брединский» Челябинской области на 40 головах телок брединского мясного типа симменталов. Лабораторные исследования проводились в ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. По результатам генотипирования у животных разных генотипов были взяты биосубстраты в виде шерсти и направлены в ООО «Микронутриенты» (Москва), где на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (Perkin Elmer, США) методом масс-спектрометрии определялся их элементный состав. Результаты свидетельствуют об умеренной гетерогенности генотипированного поголовья по гену *CAPN1* и значительном смещении гетерозиготности по гену *TG5*. Элементный статус животных отражен графиком, на котором отсутствуют превышения токсичных элементов верхних пределов эталонных показателей для зоны Южного Урала, за исключением превышения верхних центилий эталонных норм по некоторым эссенциальным элементам, таким как Mg (265,3 мкг/г), K (2840,7) и Na (1571,6 мкг/г), что связано с особенностями геохимических условий местности. Результаты анализа распределения содержания элементов в волосах 15–16-месячных телок в зависимости от полиморфизма генов *CAPN1* и *TG5* показали отсутствие достоверности зависимости содержания элементов в волосе животных от генотипа по полиморфному состоянию вышеназванных генов. В то же время по гену *TG5* наблюдались некоторые особенности по распределению магния, количество которого у животных с генотипом ТТ было в 2,1 раза меньше, чем у аналогов с генотипом СС, а по цинку, наоборот, на 33,2 % больше ( $P > 0,05$ ). Для получения достоверных значений следует повторить исследования на более объемной выборке.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, мясная порода, кровь, гены, полиморфизм, гетерозигота, гематология

**Для цитирования:** Мирошников С.А., Тюлебаев С.Д., Кадышева М.Д. Элементный статус животных и его распределение в среде телок с различным аллельным набором генов, ассоциированных с качеством говядины // Вестник КрасГАУ. 2023. № 5. С. 135–142. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-135-142.

**Благодарности:** исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021–2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2021-0001).

Sergei Alexandrovich Miroshnikov<sup>1</sup>, Sayasat Dzhakslykovich Tyulebaev<sup>2✉</sup>,  
Marvat Dusangalievna Kadysheva<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>1</sup>post@mail.osu.ru

<sup>2</sup>s-tyulebaev@mail.ru

<sup>3</sup>aliya\_ishamanova@mail.ru

## ELEMENTAL STATUS OF ANIMALS AND ITS DISTRIBUTION AMONG HEIFERS WITH DIFFERENT ALLEL SET OF GENES ASSOCIATED WITH BEEF QUALITY

*The purpose of the study is to determine the effect of polymorphism of the CAPN1 and TG5 genes on the elemental status of heifers in the conditions of the technogenic zone of the Southern Urals. The study was conducted at Sovkhoz Bredinsky LLC, Chelyabinsk Region, on 40 heads of Simmental Bredinsky meat-type heifers. Laboratory studies were carried out at the Center for Collective Use of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Scientific Center of the BST RAS. According to the results of genotyping, biosubstrates in the form of wool were taken from animals of different genotypes and sent to Mikronutrienty LLC (Moscow), where their elemental composition was determined by mass spectrometry using a Nexion 300D quadrupole mass spectrometer (Perkin Elmer, USA). The results indicate a moderate heterogeneity of the genotyped population for the CAPN1 gene and a significant shift in heterozygosity for the TG5 gene. The elemental status of the animals is reflected in a graph that does not show any excess of toxic elements of the upper limits of the reference values for the Southern Urals zone, with the exception of the excess of the upper centiles of the reference norms for some essential elements, such as Mg (265.3 µg/g), K (2840.7) and Na (1571.6 µg/g), which is associated with the peculiarities of the geochemical conditions of the area. The results of the analysis of the distribution of the content of elements in the hair of 15–16-month-old heifers, depending on the polymorphism of the CAPN1 and TG5 genes, showed the lack of reliability of the dependence of the content of elements in the hair of animals on the genotype according to the polymorphic state of the above genes. At the same time, some peculiarities in the distribution of magnesium were observed for the TG5 gene, the amount of which in animals with the TT genotype was 2.1 times less than in analogues with the CC genotype, and for zinc, on the contrary, it was 33.2 % more ( $P > 0.05$ ). To obtain reliable values, it is necessary to repeat the studies on a larger sample.*

**Keywords:** cattle, beef breed, blood, genes, polymorphism, heterozygote, hematology

**For citation:** Miroshnikov S.A., Tyulebaev S.D., Kadysheva M.D. Elemental status of animals and its distribution among heifers with different allele set of genes associated with beef quality // Bulliten KrasSAU. 2023;(5): 135–142. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-135-142.

**Acknowledgments:** the studies have been carried out in accordance with the research plan for 2021–2023 FSSI FRC BST RAS (FNWZ-2021-0001).

**Введение.** Отклонения в поступлении в организм макро- и микроэлементов, нарушение их соотношений в рационе питания непосредственно сказывается на деятельности организма любого живого существа. Множественность критериев важности микроэлементов в организме подчеркиваются современными исследованиями в области ферментов, гормонов, активаторов обмена веществ и других составляющих нормального функционирования организма. В 1991 г. академиком А.П. Авцыном было введено понятие биоэлементозов, обозначающих заболевания, связанные с недостатком или, напротив, избыт-

ком определенных макро- и микроэлементов. С учетом того, что они распространены в окружающей среде очень неравномерно, а под влиянием человеческой деятельности этот процесс усугубляется, важно предвидеть и противостоять возможным угрозам человеческому здоровью [1].

Одним из других важных открытий последних десятилетий является расшифровка генома человека и последовавшее за этим генома животных, в т. ч. и сельскохозяйственных. Различными методами генотипирования проанализировано большое поголовье животных, установлено множество ассоциаций генов с фенотипиче-

скими проявлениями у животных, особенно по SNP-полиморфизмам [2–5]. Надо сказать, что хотя эти корреляции и релевантны, но весьма условны, и наша задача прикладных исследований – определить точность и степень этих ассоциаций, их зависимость от влияния факторов внешней среды, а еще определить, как эти полиморфизмы, обуславливающие изменение структуры экспрессируемого им белка, меняя его свойства, могут влиять на другие качественные показатели, не только продуктивности, но и, допустим, биохимические или обменные процессы в организме животного.

Так, исходя из вышеназванных открытий, важно узнать, почему контаминация токсичных элементов в окружающей среде обитания животных может по разному отражаться на состоянии животных разных видов, пород и даже индивидах внутри вида, раскрыть генетические механизмы этих проявлений. Имеются достижения ученых, работающих в этом направлении, так, выявлено влияние кадмия на организм свиней в зависимости от профиля генов [6]. В другом исследовании установлены различия в проявлении физиологических функции животных под влиянием тяжелых металлов в зависимости от полиморфизма некоторых генов [7]. В нашем исследовании сделана попытка определить зависимость элементного статуса шерсти животных брединского мясного типа от полиморфных состояний отдельных генов их носителей, влияющих на качество говядины. Выявление этих закономерностей у крупного рогатого скота, в частности животных недавно созданного, перспективного брединского мясного типа, способствовало бы получению новых знаний, ведущих к стабилизации устойчивого развития как в нормальных, так и депрессивных зонах, с экологической точки зрения [8–11].

**Цель исследования** – определение влияния полиморфизма маркерных генов CAPN1 и TG5 на элементный статус телок брединского мясного типа симментальской породы в условиях техногенной зоны Южного Урала.

**Задачи:** определить новейшим методом масс-спектрометрии элементный статус животных по 25 элементам со сравнением с эталонными нормами молодняка мясных пород зоны

Южного Урала; провести генотипирование телок на определение полиморфного состояния по генам CAPN1 и TG5, ассоциированным с качественными показателями говядины; показать распределение содержания элементов в шерсти телок в зависимости от полиморфного состояния их носителей по генам CAPN1 и TG5.

**Объекты и методы.** Объектом исследования являлись 15–16-месячные телки мясного направления продуктивности, выращенные на рационах из местных кормов при умеренной интенсивности выращивания. При выполнении исследования были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов, согласно инструкциям и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order № 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press Washington, D.C. 1996).

В исследовании было задействовано 40 телок брединского мясного типа симменталов, принадлежащих и выросших в условиях техногенной зоны Южного Урала (ООО «Совхоз Брединский»). У животных были взяты образцы крови для проведения молекулярно-генетических исследований отдельно в вакуумные пробирки APEXLAB с антикоагулянтом (EDTA). Суммарная ДНК выделялась с помощью набора реагентов для выделения геномной ДНК «ДНК-Экстран» («Синтол», Россия). Для выявления генотипов животных по запланированным SNP-маркерам в фирме «Синтол» по нашему запросу были синтезированы праймеры (CAPN1<sub>316</sub> (GenBank accession № AF248054) и TG5 (GenBank accession № X05380)), которые использовались при применении метода ПЦР в реальном времени по каждому из намеченных ДНК-маркеров в необходимом количестве. Все вышеуказанные лабораторные исследования проводились в ЦКП при испытательном центре ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (аттестат аккредитации RA.RU21ПФ59 от 02.12.15; URL: [www.цкп-бст.рф](http://www.цкп-бст.рф); URL: <http://цкп-рф.ru/цкп/77384>). Для амплификации использовался программируемый анализатор нуклеиновых кислот АНК-32.

## Порядок олигонуклеотидных праймеров для амплификации

ДНК-маркер	Формула праймера
CAPN1	F: 5'-AGCAGCCCACCATCAGAGAAA – 3' R: 5'- TCAGCTGGTTCGGCAGAT – 3'
TG5	F: 5'-GTGAAAATCTTGTGGAGGCTGTA-3' R: 5'-GGGGATGACTACGAGTATGACTG-3'

После того как были получены результаты генотипирования по искомым генам у 12 телок с различным полиморфным состоянием генов были взяты биосубстраты в виде шерсти в количестве 3–4 г путем состригания из срединной области холки у основания (2–3 мм) кожи. Элементный состав шерсти 12 образцов определялся по 25 показателям на оборудовании ООО «Микронутриенты» (Москва) на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (Perkin Elmer, США) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) по заказу ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

Статистический анализ данных проводили при помощи программы Statistica 10.0. В случае нормального распределения уровня элемента оценивали средние значения (M), среднеквадратическое отклонение (s). В случае распределения, отличающегося от нормального, – медиану (Me) и интерквартильный размах (25; 75 %).

**Результаты и их обсуждение.** Челябинская область входит в первую десятку регионов РФ с неблагоприятной экологической обстановкой. В то же время техногенный прессинг по области распределен крайне неравномерно. В южных районах, прилегающих к землевладениям ООО «Совхоза Брединский», предприятиями, допускающими выброс загрязняющих веществ, являются: Челябинское линейное производственное управление магистральных газопроводов; Карталинское отделение Южно-уральской железной дороги – филиала открытого акционерного общества «Российские железные дороги»; организации, производящие бетонно-асфальтовые смеси при строительстве и ремонте дорог. Весьма опосредованное влияние трансгрессивными микроэлементными загрязнениями оказывают ближайшие крупные промышленные предприятия: Магнитогорский металлургический и Джетыгаринский асбестовый горно-обогатительный комбинаты. При этом исследований на определение элементного статуса на поголовье

разводимых в данной зоне сельскохозяйственных животных с использованием современного квадрупольного масс-спектрометра Nexion 300D (Perkin Elmer, США), новейшим методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП), сопряженное с SNP-генотипированием, не проводилось.

Генотипирование телок по гену CAPN1, ассоциированному с нежностью говядины, показало умеренную гетерогенность выборочного поголовья (табл. 2). При этом не было выявлено телок-носителей желательного гомозиготного генотипа CC. По гену TG5, состояние полиморфизма которого может иметь отношение к мраморности говядины, ввиду влияния продукта экспрессии этого гена на липидный обмен, выявлено 3 носителя желательной гомозиготы TT, что составило 7,5 % частоты встречаемости генотипа при 0,075 значении частоты аллеля.

Данные таблицы 2, в которой полностью отсутствуют гетерозиготы, указывают на значительное смещение гетерозиготности по данному гену. На части исследуемого поголовья проведен дополнительный анализ биоэлементного состава шерсти 12 телок, выросших в условиях хозяйства. Волосы среди других биосубстратов, извлекаемых у животных, наиболее приемлемы не только по причине нанесения наименьшего вреда животному при изъятии, но и в связи с тем, что это наименее лабильный показатель при характеристике элементного статуса животного за сколько-нибудь значимый период накопления. Поэтому волос считается стабильным информативным индикатором минерального обмена [12]. В результате проведенного анализа биоэлементного состава шерсти 15–16-месячных телок, родившихся и выросших в окрестностях ООО «Совхоза Брединский», получены интересные данные, которые мы сравнили с эталонными интервалами элементного статуса КРС мясного направления продуктивности, рассчитанными в соответствии с рекомендациями American Socie-

tyfor Veterinary Clinical Pathology Quality Assurance and Laboratory Standard Guidelines (Friedrichs K.R. et al., 2012), в т. ч. для нашего региона [13]. Наши исследования показали, что по содержанию микроэлементов в шерсти телок брединского мясного типа аномальных отклонений не выявлено

(рис. 1). По токсичным микроэлементам, таким как мышьяк (As), кадмий (Cd), ртуть (Hg), никель (Ni), свинец (Pb), олово (Sn), стронций (Sr), содержание было минимальным и далеко уступало пределу верхних центилий нормы.

Таблица 2

Показатели полиморфизма генов CAPN1 и TG5 в выборке телок брединского мясного типа симменталов (n = 40)

Ген-маркер		Генотип и аллели					
CAPN1	Частота генотипа	GG		GC		CC	
		n	%	n	%	n	%
	35	87,5	5	12,5	0	0	
	Частота аллеля	G			C		
0,9375			0,0625				
TG5	Частота генотипа	CC		CT		TT	
		n	%	n	%	n	%
	37	92,5	0	0	3	7,5	
	Частота аллеля	C			T		
0,925			0,075				

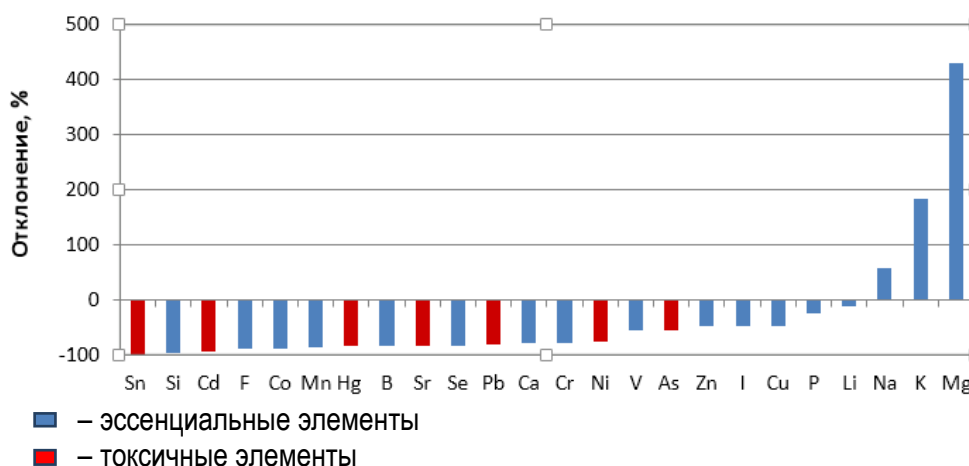


Рис. 1. Отношение элементного статуса телок к эталонному пределу верхних центилий, разработанных для зоны Южного Урала

Среди эссенциальных элементов отклонение от эталонных значений в сторону превышения наблюдалось по трем элементам, это калий (K) – 2840,7 мкг/г (превышение на 184 %), магний (Mg) – 265,3 (превышение на 431 %) и натрий (Na) – 1571,6 мкг/г с превышением на 57 %, что не критично и может быть связано с геохимическими условиями местности. Распределение содержания микроэлементов в шерсти телок в зависимости от полиморфного состояния их носителей по генам CAPN1 и TG5 представлены в таблице 3. По гену CAPN1 значимых различий между генотипами не выявлено. По гену TG5 также не отмечены различия в накоплении хими-

ческих элементов, хотя весьма любопытные данные получены по магнию (Mg) и цинку (Zn). Так, в наших исследованиях магния в волосах животных носителей гомозиготного генотипа TT по гену TG5 было в 2,1 раза меньше, чем у альтернативного генотипа CC ( $P > 0,05$ ), а цинка, напротив, на 33,2 % больше ( $P > 0,05$ ) (Табл.3). Надо сказать, что данная разница не подтвердилась достоверностью, однако при более многочисленном поголовье ситуация могла бы быть другая, что обязывает нас к возможному повторению исследований на более объемной выборке животных.

**Распределение содержания элементов в шерсти телок  
брединского мясного типа – носителей разных генотипов по генам качества говядины**

Макро- и микро- элемент, мкг/г	Полиморфные генотипы генов-маркеров качества говядины					
	CAPN1			TG5		
	GG	GC	CC	CC	CT	TT
По эссенциальным элементам						
P	175,6± 18,1	193,0±21,1	–	181,4±9,11	–	189,9±14,1
B	2,90±0,30	3,14±0,18	–	2,71±0,14	–	3,01±0,46
Ca	1286,2±124,1	1105,4±96,7	–	1168,3±115,0	–	1174,1±101,4
Co	0,103±0,01	0,083±0,06	–	0,077±0,014	–	0,084±0,017
Cr	0,289±0,09	0,391±0,12	–	0,315±1,50	–	0,343±0,06
Cu	6,21±0,98	5,84±0,96	–	6,19±1,12	–	7,01±1,10
Fe	114,2±28,4	142,3±31,7	–	145,0±30,4	–	171,8±38,4
I	1,34±0,11	1,30±0,07	–	0,96±0,08	–	1,26±0,11
K	2838,0±438,6	2396,2±518,4	–	3245,4±317,1	–	2743,0±412,2
Li	0,81±0,14	1,03±0,05	–	2,01±0,08	–	1,64±0,09
Mg	276,0±54,3	235,3±41,1	–	265,3±42,01	–	127,3±39,8
Mn	12,45±2,11	17,41±4,12	–	18,04±6,01	–	16,21±5,11
Na	1568,6±210,6	1789,4±195,4	–	1409,1±234,7	–	1358,4±196,4
Se	0,312±0,09	0,231±0,08	–	0,195±0,10	–	0,183±0,09
Si	6,08±0,45	4,68±0,96	–	4,19±0,53	–	5,16±0,74
Zn	117,3±18,3	118,7±11,1	–	101,4±9,6	–	135,1±10,1
V±	0,683±0,14	0,791±0,08	–	0,689±0,10	–	0,512±0,18
По токсичным элементам						
As	0,171±0,10	0,223±0,09	–	0,260±0,08	–	0,179±0,06
Cd	0,011±0,008	0,011±0,023	–	0,013±0,0023	–	0,009±0,006
Hg	0,021±0,008	0,023±0,003	–	0,018±0,007	–	0,011±0,009
Ni	0,310±0,08	0,458±0,09	–	0,721±0,12	–	0,512±0,21
Pb	0,139±0,03	0,137±0,04	–	0,145±0,08	–	0,141±0,04
Sn	0,022±0,004	0,018±0,006	–	0,019±0,006	–	0,022±0,011
Sr	6,74±0,90	5,95±0,85	–	6,88±0,25	–	5,01±0,76

**Заключение.** Таким образом, настоящим исследованием выявлены показатели полиморфизма по генам CAPN1 и TG5 в популяционной выборке телок брединского мясного типа симменталов. Результаты свидетельствуют об умеренной гетерогенности генотипированного поголовья по гену CAPN1, ассоциированного с нежностью говядины, и значительном смещении гетерозиготности по гену TG5, связанного с липидным обменом. Эти данные пополняют базу данных по популяции для использования полученных знаний в селекционной работе с брединским мясным типом. Результаты дополнительного исследования, связанные с определением элементного состава волос телок бредин-

ского мясного типа и его распределением в среде телок с различным полиморфным состоянием по генам CAPN1 и TG5, не выявили депрессивной нагрузки по экологическим параметрам. При этом, если по гену CAPN1 значимых различий между генотипами не выявлено, то по гену TG5 отмечены некоторые особенности по распределению магния, количество которого у животных с генотипом TT было в 2,1 раза меньше, чем у аналогов с генотипом CC, а по цинку, наоборот, на 33,2 % больше ( $P > 0,05$ ). Для получения достоверных значений следует повторить исследования на более объемной выборке.

Список источников

1. Канжигалина З.К., Касенова Р.К., Орадова А.Ш. Биологическая роль и значение микроэлементов в жизнедеятельности человека // Вестник КазНМУ. 2013. № 5 (2). С. 88–90.
2. Georges M., Charlier C., Hayes B. Harnessing genomic information for livestock improvement // *Nature Reviews Genetics*, 2018. 20, 3, (135–156). DOI: 10.1038/s41576-018-0082-2.
3. Tyulebaev S.D., Kadysheva M.D. Polymorphism of genes among heifers with different types of constitution. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2021. 848 (1), 012213.
4. Enhanced estimates of carcass and meat quality effects for polymorphisms in myostatin and  $\mu$ -calpain genes / G.L. Bennett [et al.] // *Journal of Animal Science*. 2019. 97(2), 569–577.
5. Savaşçı M., Atasoy F. The investigation of calpastatin and thyroglobulin gene polymorphisms in some native cattle breeds // *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2016. 63(1), 53–59.
6. Transcritomik analysis on responses of the liver and kidney of finishing pigs fed cadmium contaminated rice/ Y. Xia [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018; 98(8): 2964–2972. DOI: 10.1002/jsfa.8793.
7. Genetic variation in metallothionein and metal-regulatory transcription factor 1 in relation to urinary cadmium, copper, and zinc / SV. Adams [et al.] // *Toxicology and applied pharmacology*. 2015. 289(3): 381–388. DOI: 10.1016/j.taap.2015.10.024.
8. Племенная работа с симменталами брединского мясного типа в ООО «Боровое» Челябинской области / М.Д. Кадьшева [и др.] // *Зоотехния*. 2015. № 1. С. 10–12.
9. «Брединский мясной» тип симментала – новое направление в мясном скотоводстве России / С.Д. Тюлебаев [и др.] // *Вестник мясного скотоводства*. 2009. Т. 4, № 62. С. 109–112.
10. Первый племзавод по разведению «брединского мясного» типа симменталов / Ф.Г. Каюмов [и др.] // *Вестник мясного скотоводства*. 2008. Т. 1, № 61. С. 117–119.
11. Левахин В., Косилов В., Салихов А. Эффективность промышленного скрещивания в скотоводстве // *Молочное и мясное скотоводство*. 1992. № 1. С. 9–11.
12. Hair concentration of essential trace elements in adult nonexposed Russian population / A.V. Skalny [et al.] // *Environ Monit Assess*. 2015. 187(11):677. DOI: 10.1007/s10661-015-4903-x.
13. The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (Bostaurus) / S.A. Miroshnikov [et al.] // *Biol Trace Elem Res*. 2017 Nov;180(1):56–62. DOI: 10.1007/s12011-017-0991-5. Epub 2017 Mar 17. PMID: 28315118.

References

1. Kanzhigalina Z.K., Kasenova R.K., Oradova A.Sh. Biologicheskaya rol' i znachenie mikroelementov v zhiznedejatel'nosti cheloveka // *Vestnik KazNMU*. 2013. № 5 (2). С. 88–90.
2. Georges M., Charlier S., Hayes V. Harnessing genomic information for livestock improvement // *Nature Reviews Genetics*, 2018. 20, 3, (135-156). DOI: 10.1038/s41576-018-0082-2.
3. Tyulebaev S.D., Kadysheva M.D. Polymorphism of genes among heifers with different types of constitution. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2021. 848 (1), 012213.
4. Enhanced estimates of carcass and meat quality effects for polymorphisms in myostatin and  $\mu$ -calpain genes / G.L. Bennett [et al.] // *Journal of Animal Science*. 2019. 97(2), 569-577.
5. Savaşçı M., Atasoy F. The investigation of calpastatin and thyroglobulin gene polymorphisms in some native cattle breeds // *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2016. 63(1), 53-59.
6. Transcritomik analysis on responses of the liver and kidney of finishing pigs fed cadmium contaminated rice/ Y. Xia [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018; 98(8): 2964-2972. DOI: 10.1002/jsfa.8793.
7. Genetic variation in metallothionein and metal-regulatory transcription factor 1 in relation to urinary cadmium, copper, and zinc / SV. Adams [et al.] // *Toxicology and applied pharmacology*.

2015. 289(3): 381-388. DOI: 10.1016/j.taap.2015.10.024.
8. Plemennaya rabota s simmentalami bredinskogo myasnogo tipa v OOO «Borovoe» Chelyabinskoy oblasti / *M.D. Kadyшева* [i dr.] // *Zootehniya*. 2015. № 1. S. 10–12.
  9. «Bredinskij myasnoj» tip simmentala – novoe napravlenie v myasnom skotovodstve Rossii / *S.D. Tyulebaev* [i dr.] // *Vestnik myasnogo skotovodstva*. 2009. T. 4, № 62. S. 109–112.
  10. Pervyj plemzavod po razvedeniyu «bredinskogo myasnogo» tipa simmentalov / *F.G. Kayumov* [i dr.] // *Vestnik myasnogo skotovodstva*. 2008. T. 1, № 61. S. 117–119.
  11. *Levahn V., Kosilov V., Salihov A.* 'Effektivnost' promyshlennogo skreschivaniya v skotovodstve // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 1992. № 1. S. 9–11.
  12. Hair concentration of essential trace elements in adult nonexposed Russian population / *A.V. Skalny* [et al.] // *Environ Monit Assess*. 2015. 187(11):677. DOI: 10.1007/s10661-015-4903-x.
  13. The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos taurus*) / *S.A. Miroshnikov* [et al.] // *Biol Trace Elem Res*. 2017 Nov;180(1):56-62. DOI: 10.1007/ s12011-017-0991-5. Epub 2017 Mar 17. PMID: 28315118.

Статья принята к публикации 15.03.2023 / The article accepted for publication 15.03.2023.

Информация об авторах:

**Сергей Александрович Мирошников**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник отдела разведения мясного скота, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН

**Саясат Джакслыкович Тюлебаев**<sup>2</sup>, заведующий отделом разведения мясного скота, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Марват Дусангалиевна Кадышева**<sup>3</sup>, старший научный сотрудник отдела разведения мясного скота, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Information about the authors:

**Sergei Alexandrovich Miroshnikov**<sup>1</sup>, Senior Researcher, Department of Beef Cattle Breeding, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

**Sayasat Dzhakslykovich Tyulebaev**<sup>2</sup>, Head of the Beef Cattle Breeding Department, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

**Marvat Dusangaliyeva Kadysheva**<sup>3</sup>, Senior Researcher, Beef Cattle Breeding Department, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

