

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕАЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТАДА МАТОК АБЕРДИН-АНГУССКОЙ ПОРОДЫ ПО ГРУППАМ КРОВИ И ДНК-МАРКЕРУ CASTUOGC282G

В.М. Габидулин, доктор сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия.

E-mail: Gabidulin.V.M@yandex.ru

Ключевые слова: абердин-ангусская порода, коровы, группа крови, аллели, продуктивность, живая масса, молочность, генотипы.

Реферат. Анализ результатов исследований показал, что частота встречаемости антигена по локусам распределилась с высокой вариабельностью от 0 до 75 %. В локусе С концентрация антигена R₁ была максимальной в группах коров быков-производителей Бисмарка – 60% и Дизайна – 75%. В группе коров быка Бисмарка не выявлены антигены W' в локусе С и в локусе F-V антиген V, а в группе коров быка-производителя Дизайна – антигены B', O' в локусе В и H'' в локусе S'. Сравнительная характеристика основных селекционных признаков коров двух групп локуса В группы крови не выявила достоверной разницы в показателях их продуктивности. Вместе с тем коровы 2-й группы с живой массой 629,3±17,6 кг превосходили сверстниц 1-й группы на 7,4% (P≤0,05), по высоте в крестце (133,80±0,88 см) – на 3,2% (P≤0,01). Выявленная разница показателей селекционных признаков между группами коров связана с генетическим доминированием быка-производителя Дизайна и его препотентностью. По результатам генотипирования животных двух экогрупп по аллельному составу гена CASTUOGC282G установлено превосходство гомозиготных генотипов CC и GG относительно гетерозиготных CG по группе Бисмарка на 0,12 и 0,24 ед., по группе Дизайна – на 0,25 и 0,17 ед. Матки быка Бисмарка с аллельным набором GG были достоверно тяжелее соплеменниц генотипа CC – на 3,8% (P≤0,05), CC относительно CG – на 5,1 (P≤0,01) и GG относительно CG – на 2,3% (P≤0,001). Аналогично представительницы производителя Дизайна с генотипом GG по сравнению со сверстницами генотипа CC достоверно имели преимущество на 8,3% (P≤0,01) и CG – на 10,7% (P≤0,001). Коровы группы производителя Дизайна 1015 трех генотипов – GG, CC и CG были тяжелее коров группы Бисмарка 5682 на 11,6 (P≤0,001); 4,6 (P≤0,01) и 12,4% (P≤0,001). При этом самый низкий показатель коэффициента изменчивости был по высоте в крестце в обеих группах по всем генотипам (3,66–2,19%), что свидетельствует о генетической предрасположенности животных наследовать данный селекционный признак потомством.

CHARACTERISTICS OF THE GENEALOGICAL STRUCTURE OF THE HERD OF ABERDEEN-ANGUS BREED BY BLOOD TYPES AND DNA MARKER CASTUOGC282G

V.M. Gabidulin, Doctor of Agricultural Sciences

Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia.

E-mail: Gabidulin.V.M@yandex.ru

Keywords: Aberdeen Angus breed, cows, blood type, alleles, productivity, live weight, milk production, genotypes.

Abstract. Analysis of the research results showed that the antigen's occurrence frequency by loci was distributed with high variability from 0 to 75%. At locus C, the concentration of R₁ antigen was the highest in the groups of cows of Bismarck sires - 60% and Design - 75%. In the group of cows of the Bismarck bull, antigens W' were not detected in the C locus and antigen V in the F-V locus, and antigens B', O' in the B locus and H'' in the S' locus were not detected in the group of cows of the Design bull. Comparative characteristics of the main breeding traits of cows of two groups of locus B of the blood group did not reveal a significant difference in their productivity. At the same time, cows of the 2nd group with a live weight of 629.3±17.6 kg were superior to their peers of the 1st group by 7.4% (P≤0.05), in terms of height in the sacrum (133.80±0.88 cm) - by 3.2% (P≤0.01). The revealed difference in the indicators of breeding traits between groups of cows is associated with the genetic

dominance of the sire Design bull and its prepotency. According to the results of genotyping of animals of two eco-groups according to the allelic composition of the CASTUOGC282G gene, the superiority of homozygous genotypes CC and GG relative to heterozygous CG in the Bismarck group by 0.12 and 0.24 units, in the Design group - by 0.25 and 0.17 units. The uterus of the Bismarck bull with the GG allelic set was significantly heavier than the females of the CC genotype - by 3.8% ($P \leq 0.05$), CC relative to CG - by 5.1 ($P \leq 0.01$) and GG close to CG - by 2.3% ($P \leq 0.001$). Similarly, female representatives of Design with genotypes GG had a significant advantage by 8.3% ($P \leq 0.01$) and CG by 10.7% ($P \leq 0.001$) compared with peers of the CC genotype. The cows of the sire group Design 1015 of three genotypes - GG, CC and CG were heavier than the cows of the Bismarck 5682 group by 11.6 ($P \leq 0.001$); 4.6 ($P \leq 0.01$) and 12.4% ($P \leq 0.001$). At the same time, the lowest indicator of the coefficient of variability was the height in the sacrum in both groups for all genotypes (3.66–2.19%), which indicates the genetic predisposition of animals to inherit this selection trait in offspring.

Абердин-ангусская порода мясного скота в России – самая динамично развивающаяся. По данным ежегодника по племенной работе, в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации за 2021 г. общее поголовье племенного мясного скота составило 360520 голов. В структурном отношении среди мясных пород абердин-ангусы занимали 26,8% племенного поголовья – 86256 голов [1].

Основная масса ангусского скота, разводимого в нашей стране, – это животные американской, канадской, австралийской и незначительная часть европейской селекции.

В Курганской области в К(Ф)Х Шмаков В.Ю. стадо абердин-ангусской породы начало формироваться с импорта скота из Австралии в 2009 г. в количестве 400 тёлочек 13–15-месячного возраста и 12 бычков в возрасте 18–24 месяца. Впоследствии для воспроизводства стада применялось искусственное осеменение маточного поголовья глубоководным семенем от выдающихся производителей австралийской и отечественной селекции.

Прорывным событием селекции в животноводстве, в том числе мясном скотоводстве, стала расшифровка последовательности генома всех видов животных, что открывает современные возможности их совершенствования [2–13].

Для исследований было выбрано определение полиморфизма гена кальпастина CASTUOGC282G, влияющего на рост мышечной массы, а значит, на один из важных селекционных признаков – показатель живой массы животных, имеющий значение при оценке мясной продуктивности мясных пород скота. Кальпастин располагается в пятом интроне гена CasT7 и выполняет роль ингибитора гена кальпаина CAPN1 [14].

Результаты исследований по выявлению генетической разновидности двух экогрупп стада абердин-ангусского скота с применением эритроцитарных антигенных факторов станут дополняющим звеном в совершенствовании селекционного процесса.

Цель исследования заключалась в изучении аллелофонда групп крови по системе ЕАВ в сочетании с полиморфизмом гена-маркера CASTUOGC282G коров стада абердин-ангусского скота и выявлением их связи с селекционными признаками.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования были 80 чистопородных коров в возрасте 5 лет стада абердин-ангусской породы, 40 коров от быка-производителя Бисмарка 5682 австралийской селекции и 40 коров быка-производителя Дизайна 1015 отечественной селекции, рожденные в К(Ф)Х Шмаков В.Ю. Курганской области. При работе с животными и экспериментальных исследований руководствовались требованиями 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). В процессе проведения исследований были приняты меры по минимизации травматизма и забора количества биосубстратов у животных. Для изучения аллельного фонда по группам крови исследуемых животных проводили забор их крови и помещали ее в стеклянные ёмкости с 600 мкл этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) до получения объёма 10 мл. Гематологические анализы были проведены по стандартным реагентам (база реагентов – 51 ед.) в лаборатории книг племенных животных и иммуногенетической экспертизы ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН [15]. Показатели продуктивности животных брали из данных зоотехнического и племенного учёта.

На основе ДНК, выделенной из крови с использованием набора праймеров, было проведено генотипирование животных. Фрагменты ДНК амплифицировали на программируемом термоциклере MyCycler (Bio-Rad, США). Для ПЦР использовали Taq полимеразу (5 ед/мкл) с поставляемым буфером – 10xTag буфер, ко-

торый предназначен для выявления бинарной SNP-мутации в пробах ДНК методом ПЦР в

реальном времени с использованием аллель-специфичных зондов (ООО «Синтол») (табл.1).

Таблица 1

Праймеры для амплификации фрагментов генов ДНК и программа проведения ПЦР
Primers for amplification of DNA gene fragments and PCR program

Гены	Праймеры	Программа ПЦР
CAST UOG C282G	5' – ACATTCTCCCCACAGTGCC – 3' 5' – GACAGA GTCTGCGTTTTGCTC – 3'	1. 95 °C 120 с × 1 2. 64 °C 40 с × 40 3. 95 °C 20 с × 40

Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле $p=n/N$, где p – частота генотипа; n – количество особей, имеющих определённый генотип; N – число особей.

Частоту отдельных аллелей определяли по формулам:

$$pA = (2nAA + nAB) \div 2N;$$

$$qB = (2nBB + nAB) \div 2N,$$

где pA – частота аллеля A ; qB – частота аллеля B ; N – общее число аллелей.

Лабораторные исследования были проведены в ЦКП в лаборатории Агроэкологии техногенных наноматериалов ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации RA. RU.21ПФ59 от 02.12.2015).

Статистическая обработка полученного материала осуществлена с использованием стандартного пакета Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США) и Microsoft Excel (Microsoft, США).

Достоверными считали значения при $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$.

Для проведения исследования были сформированы две опытные группы коров: 1-я группа ($n = 40$) – потомки Бисмарка 5682 и 2-я группа ($n = 40$) – потомки Дизайна 1015.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты антигенного анализа опытных групп коров стада абердин-ангусской породы К(Ф)Х Шмаков В.Ю. показали, что генеалогическая структура обеих групп основывается на взаимодействии 30 антигенов банка по системе EAB групп крови, локусов A, B, C, F-V, L, M, S1, Z, R (табл. 2).

Таблица 2

Наличие антигенов у опытных групп коров
The presence of antigens in experimental groups of cows

Локус	1-я группа			2-я группа		
	Антиген	Количество голов	$g \pm m_g, \%$	Антиген	Количество голов	$g \pm m_g, \%$
1	2	3	4	5	6	7
A	A ₁	3	7,5	A ₁	11	27,5
	A ₂	6	15,0	A ₂	4	10,0
	D'	12	30,0	D'	14	35,0
B	B'	5	12,5	B'	-	0
	B ₂	11	27,5	B ₂	10	25,0
	G''	9	22,5	G''	13	32,5
	K	9	22,5	K'	1	2,5
	O'	8	20,0	O'	-	0
	O ₄	10	25,0	O ₄	9	22,5
	E' ₃	11	27,5	E' ₃	22	55,0
	Y ₂	1	2,5	Y ₂	3	7,5

1	2	3	4	5	6	7
C	C ₂	9	22,5	C ₂	19	47,5
	R ₁	24	60,0	R ₁	30	75,0
	W'	-	0	W'	1	2,5
F-V	V	-	0	V	4	10,0
	F	9	22,5	F	17	42,5
S'	S ₁	13	32,5	S ₁	10	25,0
	Z	3	7,5	Z	4	10,0

Частота встречаемости антигенов по локусам распределилась в обеих группах с большой разницей – от 0 до 75%. При этом установлено, что в локусе С концентрация антигена R₁ была максимальной у коров 1-й группы – 60%, 2-й группы – 75%, а антигена W' минимальной – 0 и 2,5% соответственно. Выявлено также отсутствие отдельных антигенов в одной из групп и наличие их в другой. Так, в 1-й группе не выявлены антигены W' в локусе С и V в локусе F-V, во 2-й B', O' в локусе В и H'' в локусе S. Данное явление может быть связано с воздействием генетического детерминирования, так как быки-производители Бисмарк 5682 и Дизайн 1015 являются продолжателями генеалогических линий Тревелера 044 и Нью Дизайна 36 соответственно. При этом в локусе А насыщенность антигеном D' составила в 1-й группе 30% и во 2-й 35%, в локусе В частота антигена B₂ – 27,5 и 25,0, антигена O₄ – 25,0 и 22,5, в локусе С антигена R₁ – 60,0 и 75,0, в локусе S' антигена S₁

– 32,5 и 25,0, U – 30,0 и 47,5% соответственно. Это свидетельствует о том, что в родословных данных быков-производителей имеются общие предки. Различная частота встречаемости антигенов в опытных группах не способствовала выявлению достоверной разницы в показателях селекционных признаков. Вместе с тем коровы 2-й группы с живой массой 629,3 ± 17,6 кг превосходили сверстниц 1-й группы на 7,4% (P ≤ 0,05), по высоте в крестце (133,8 ± 0,88 см) – на 3,2% (P ≤ 0,01). Выявленная разница показателей селекционных признаков между группами коров связана с генетическим доминированием быка-производителя Дизайна и его препотентностью.

Дальнейшим алгоритмом наших исследований было изучение аллельного профиля гена-маркера CASTUOGC282G у коров Бисмарка (n = 27) и Дизайна (n = 36) (табл. 3). У 17 опытных животных в пробах крови по некоторым причинам ДНК не была выделена.

Таблица 3

Аллельные профили гена-маркера CASTUOGC282G у коров
Allelic profiles of the CASTUOGC282G marker gene in cows

Группа	Количество генотипов						Частота аллеля, ед.	
	CC		CG		GG			
	гол.	ед.	гол.	ед.	гол.	ед.	C	G
1-я	12	0,24	6	0,12	18	0,36	0,417	0,583
2-я	13	0,26	5	0,1	9	0,18	0,574	0,426

Характеристика опытной группы коров по наличию аллельных вариантов показывает преимущество гомозиготных вариантов CC и GG в обеих группах. В 1-й группе количество генотипов CC имело превосходство относительно гетерозиготных генотипов CG на 0,12 ед. и GG относительно CG на 0,24 ед., во 2-й группе – 0,25 и 0,17 ед. Разница в частоте аллелей между

G и C в 1-й группе составила 0,166 ед., во 2-й группе между C и G – 0,148 ед. По результатам анализа показателей хозяйственно полезных признаков генотипированных в обеих группах коров установлено достоверное преимущество гомозиготных GG-генотипов по показателям живой массы (табл. 4).

Таблица 4

Показатели продуктивности генотипированных коров
Productivity indicators of genotyped cows

Группа	Генотип	Живая масса, кг		Молочность, кг		Высота в крестце, см	
		X±Sx	Cv,%	X±Sx	Cv,%	X±Sx	Cv,%
1-я	CC	567,30±5,32	5,45	211,10±3,90	6,12	129,10±1,22	3,12
	CG	539,70±2,17	4,90	217,80±6,47	6,64	128,30±1,38	2,40
	GG	588,60±7,93	5,56	217,50±2,91	5,51	131,20±1,04	3,26
2-я	CC	606,60±8,50	5,09	214,40±5,15	8,20	130,40±0,92	2,38
	CG	593,40±7,75	4,53	221,60±3,90	4,93	130,80±2,48	3,66
	GG	656,70±9,35	4,03	221,40±8,12	7,34	132,70±1,08	2,19

Коровы генотипа GG 1-й группы австралийской селекции были тяжелее сверстниц с аллельным набором CC на 3,8 % ($P \leq 0,05$), CG – на 5,1 ($P \leq 0,01$), по остальным показателям не выявлено достоверного преимущества. Гомозиготные животные GG 2-й группы отечественной селекции относительно сверстниц генотипов CC имели достоверное превосходство на 8,3 % ($P \leq 0,01$) и CG – на 10,7 % ($P \leq 0,001$). Вместе с тем 2-я группа маток трех генотипов – GG, CC и CG достоверно прева-

лировала над коровами 1-й группы по живой массе: на 11,6 ($P \leq 0,001$); 4,6 ($P \leq 0,01$) и 12,4% ($P \leq 0,001$). При этом самый низкий показатель коэффициента изменчивости был по показателю высоты в крестце в обеих группах по всем генотипам – 3,66–2,19%, что свидетельствует о генетической предрасположенности животных наследовать данный селекционный признак потомством. Общая сумма показателей продуктивности коров двух экогрупп представлена в табл. 5.

Таблица 5

Показатели продуктивности двух экогрупп по генотипам
Productivity indicators of two eco groups by genotypes

Генотип	Количество голов	Живая масса, кг		Молочность, кг		Высота в крестце, см	
		X±Sx	Cv, %	X±Sx	Cv, %	X±Sx	Cv, %
CC	25	580,90±6,37	5,37	213,80±3,17	7,16	131,30±0,85	3,16
CG	11	570,10±17,41	9,87	219,50±4,62	6,67	131,70±1,73	4,14
GG	27	611,30±8,74	7,29	218,90±2,27	5,29	133,70±1,03	3,92

Показатели живой массы двух групп коров гомозиготных генотипов GG достоверно превосходили сверстниц с аллельным набором CC и CG – на 5,2 ($P \leq 0,01$) и 7,2% ($P \leq 0,05$), по остальным признакам достоверной разницы не выявлено. Коэффициент корреляции между живой массой коров и их молочностью составил $r = 0,36$, между живой массой коров и высотой в крестце $r = 0,72$.

Отбор коров в стаде абердин-ангусской породы гомозиготных генотипов GG по результатам полиморфизма гена-маркера кальпастина CASTUOGC282G будет способствовать достоверному увеличению показателя их живой массы на 5,2–7,2% и наследованию высотного

промера – высоты в крестце. Наследуемость живой массы и высоты в крестце составила 0,52.

У гомозиготных генотипов GG метаболизм происходит значительно интенсивнее, что, безусловно, приводит к наиболее частому образованию разрывов в микроволокнах мышц и способствует росту мышечной ткани.

В целях увеличения показателей продуктивности и совершенствования стада абердин-ангусского скота К(Ф)Х Шмаков В.Ю. дополнительным инструментом в селекционном процессе может стать анализ стада на полиморфизм каскада генов, влияющих на селекционные признаки.

ВЫВОДЫ

1. Результаты иммуногенетической экспертизы антигенного анализа группы крови по системе EAB у опытных коров стада абердин-ангусской породы, не выявили достоверной разницы в показателях селекционных признаков.

2. Анализ проведённых исследований на основании определения полиморфно-

го варианта гена-маркера кальпастатина CASTUOGC282G выявил достоверное преимущество гомозиготных GG генотипов по показателям живой массы у коров австралийской и отечественной селекции.

Исследования выполнены в рамках темы НИР FNWZ-2021-0001

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации* (2021 год). – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2022. – С. 162.
2. *Молекулярно-генетические маркеры в селекционной работе разными видами сельскохозяйственных животных* / М.И. Селионова, Е.А. Гладырь [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – № 2. – С. 30–35.
3. *Методы маркер-зависимой селекции* / Н. Зиновьева, Е. Гладырь, Г. Державина, Е. Кунаева // Животноводство России. – 2006. – № 3. – С. 29–31.
4. *Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных* / Н.А. Зиновьева, О.В. Костюнина, Е.А. Гладырь [и др.] // Зоотехния. – 2010. – № 1. – С. 8–10.
5. *Габидулин В.М., Алимова С.А.* Селекционно-генетические параметры хозяйственно полезных признаков генотипированного молодняка абердин-ангусского скота по генам CAPN1 CAST и BGN // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (92). – С. 289–294.
6. *Габидулин В.М., Алимова С.А., Тюлебаев С.Д.* Современные методы эффективного использования генофонда абердин-ангусского скота австралийской селекции с использованием ДНК-маркеров // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – № 2 (22). – С. 28–30.
7. *Polymorphisms of CAPN1, CAST, GDF5, TG5 and GH genes in Russian Hereford cattle* / K. Dzhulamanov, N. Gerasimov, M. Dubovskova, A. Baktygalieva // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2019. – Vol. 25 (2). – P. 375–379.
8. *Сурундаева Л.Г.* Комплексная оценка биологических особенностей и продуктивных качеств пород и новых типов мясного скота: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Оренбург, 2020. – 47 с.
9. *Состояние аллельных форм генов CAPN1, CAST и сочетаемость разных линий в популяции брединского мясного типа симменталов* / С.Д. Тюлебаев, М.Д. Кадышева, С.М. Канатпаев, В.Г. Литовченко // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2 (98). – С. 52–57.
10. *Calus M.P.L.* Genomic breeding value prediction: methods and procedures // Animal. – 2010. – Vol. 4, N 2. – P. 157–164.
11. *Integrating gene expression data into genomic prediction* / Z. Li, N. Gao, J.W.R. Martini, H. Simianer // Front. Genet. – 2019. – 10:126.10.3389/fgene.2019.00126.
12. *Ассоциация генотипов β-лактоглобулина у овец романовской породы с гематологическими показателями крови* / Е.А. Климанова, З.Т. Поповски, Т.В. Коновалова, Е.И. Тарасенко, О.С. Короткевич, О.И. Себежко // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 4. – С. 126–136.
13. *Моисейкина Л.Г., Убушиева А.В., Убушиева В.С.* Сравнительный анализ фенотипических данных и генетической структуры популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 4. – С. 167–174.
14. *Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle* / F.S. Schenkel, S.P. Miller, Z. Jiang [et al.] // J. Anim. Sci. – 2006. – Vol. 84, N 2. – P. 291–299.
15. *Сороковой П.Ф.* Методические рекомендации по использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. – Дубровицы: ВИЖ, 1972. – 40 с.

REFERENCES

1. *Yezhegodnik po plemennoy rabote v myasnom skotovodstve v khozyaystvakh ros-siyskoy federatsii* (Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in the farms of the Russian Federation) (2021 god), Moscow: Izdatel'stvo FGBNU VNIIPlem, 2022, pp. 162. (In Russ.)
2. Selionova M.I., Gladyr' Ye.A. i dr., *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2012, No. 2, pp. 30–35. (In Russ.)
3. Zinov'yeva N., Gladyr' Ye., Derzhavina G., Kunayeva Ye., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2006, No. 3, pp. 29–31. (In Russ.)
4. Zinov'yeva N.A., Kostyunina O.V., Gladyr' Ye.A., Bannikova A.D., Kharzinova V.R., Larionova P.V., Shavyrina K.M., Ernst L.K., *Zootekhnika*, 2010, No. 1, pp. 8–10. (In Russ.)
5. Gabidulin V.M., Alimova S.A., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 6 (92), pp. 289–294. (In Russ.)
6. Gabidulin V.M., Alimova S.A., Tyulebayev S.D., *Vestnik Kurganskoy GSKHA*, 2017, No. 2 (22), pp. 28–30. (In Russ.)
7. Dzhulamanov K., Gerasimov N., Dubovskova M., Baktygalieva A., Polymorphisms of CAPN1, CAST, GDF5, TG5 and GH genes in Russian Hereford cattle, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2019, Vol. 25 (2), pp. 375–379.
8. Surundayeva L.G., *Kompleksnaya otsenka biologicheskikh osobennostey i pro-ektivnykh kachestv porod i novykh tipov myasnogo skota* (Comprehensive assessment of biological characteristics and productive qualities of breeds and new types of beef cattle), Doctors thesis, Orenburg, 2020, 47 p.
9. Tyulebayev S.D., Kadyshcheva M.D., Kanatpayev S.M., Litovchenko V.G., *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2017, No. 2 (98), pp. 52–57. (In Russ.)
10. Calus M.P.L., Genomic breeding value prediction: methods and procedures, *Animal*, 2010, Vol. 4, No. 2, pp. 157–164.
11. Li Z., Gao N., Martini J. W. R., Simianer H., Integrating gene expression data into genomic prediction, *Front. Genet.*, 2019, 10:126.10.3389/fgene.2019.00126.
12. Klimanova E.A., Popovsky Z.T., Konovalova T.V., Tarasenko E.I., Korotkevich O.S., Sebezhenko O.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2021, No. 4, pp. 126–136 (In Russ.)
13. Moiseikina L.G., Ubushieva A.V., Ubushieva V.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2022, No. 4, pp. 167–174. (In Russ.)
14. Schenkel F.S., Miller S.P., Jiang Z., Mandell I.B., Ye X., Li H., Wilton J.W., Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle, *J. Anim. Sci.*, 2006, Vol. 84, No. 2, pp. 291–299.
15. Sorokovoy P.F., *Metodicheskiye rekomendatsii po ispol'zovaniyu grupp kro-vi v selektsii krupnogo rogatogo skota* (Guidelines for the use of blood groups in cattle breeding), Dubrovitsy: VIZH, 1972. 40 p.