

## ВЕТЕРИНАРИЯ и ЗООТЕХНИЯ

УДК 636.32/.38.082.13:636.082.12

DOI:10.31677/2072-6724-2020-56-3-94-101

## ПУХОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПО ПОЛИМОРФИЗМУ ГЕНА BLG И ГРУППАМ КРОВИ КОЗ ГОРНОГО АЛТАЯ

<sup>1</sup>Г.М. Гончаренко, доктор биологических наук<sup>2</sup>Т.Б. Каргачакова, старший научный сотрудник<sup>1</sup>Н.Б. Гришина, кандидат биологических наук<sup>1</sup>Т.С. Хорошилова, научный сотрудник<sup>1</sup>О.Л. Халина, младший научный сотрудник<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр  
агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия<sup>2</sup>Горно-алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ  
Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, п. Майма, Россия

E-mail: sibnptij@ngs.ru

**Ключевые слова:** козы, пуховая продуктивность, генотип, аллель, полиморфизм, гетерозиготность

**Реферат.** Представлены данные по пуховой продуктивности алтайской белой пуховой породы и горно-алтайской пуховой породы чуйского типа в племенных стадах Республики Алтай. По данным бонитировки 2019 г., начёс пуха от козлов составлял 1,50–1,55, от козочек – 0,70–0,74 кг. Пуховая продуктивность соответствует требованиям стандарта породы, содержание пуха по отношению к ости находится в пределах 75 %, по тонине пух уравненный, густота оценивается в 4 балла. Живая масса козлов составляет 68–73, козоматок – 41–43 кг. В исследуемом гене BLG выявлено 2 аллеля и 3 генотипа, по частоте которых козы с серым и белым пухом имеют некоторые отличия. Белые козы характеризуются более высокой частотой генотипа  $S_1S_1$  (на 8,3–11,5 %) и пониженной – генотипа  $S_2S_2$  (на 14,1–17,4 %) в сравнении с козами с серым пухом ( $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,01$ ). Соответственно у коз белой пуховой породы выявлена более высокая частота аллеля  $S_1$  (на 0,115–0,148), а у коз с серым пухом – аллеля  $S_2$  (на 0,115–0,148,  $P \geq 0,01$ ) в сравнении с альтернативным аллелем. Генное равновесие не нарушено ( $\chi^2 = 0,530$ – $2,720$ ). Дана иммуногенетическая характеристика серых и белых коз по 14 антигенам. Козы алтайской белой пуховой породы и горно-алтайской пуховой породы чуйского типа имеют сходство по антигенам  $Vi$ ,  $R$ ,  $O_r$ ,  $Da$  и различие по частотам антигенов групп крови  $Ab$ ,  $Be$ ,  $Bb$ ,  $Bg$ ,  $Ca$ . Стада коз алтайской белой пуховой породы отличаются по частотам  $Aa$ ,  $Ab$ ,  $Ca$ ,  $Mb$  и  $O_r$ . Индекс генетического сходства между стадами алтайской белой пуховой породы составляет 0,985, между стадами разных пород – 0,947–0,948.

## DOWN PRODUCTIVITY AND GENOTYPIC CHARACTERISTICS OF BLG GENE POLYMORPHISM AND BLOOD GROUPS OF GOATS IN GORNY ALTAI

<sup>1</sup>G.M.Goncharenko, Doctor of Biological Sciences

<sup>2</sup>T.B. Kargachakova, Senior Researcher

<sup>1</sup>N.B. Grishina, Candidate of Biological Sciences

<sup>1</sup>T.S. Khoroshilova, Researcher

<sup>1</sup>O.L. Khalina, Junior Researcher

<sup>1</sup>Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnology RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Gorniy Altai Scientific Research Institute of Agriculture - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology, Maima, Russia

*Key words:* goats, down productivity, genotype, allele, polymorphism, heterozygosity.

*Abstract.* The data on the down productivity of the Altai white down breed and the Gorniy Altai down breed of the Chuya type in breeding herds of the Altai Republic are presented. According to the valuation data for 2019, the amount of down from goats (male) was 1.50 - 1.55, from goats (female) - 0.70-0.74 kg. Down productivity meets the requirements of the breed standard, the content of down in relation to the awn is within 75%. The down is equalized in fineness. The density is estimated at 4 points. The live weight of goats (m) is 68-73, of goats (f) - 41-43 kg. In the studied BLG gene, 2 alleles and 3 genotypes were identified. The frequency of these alleles and genotypes in goats with gray and white down has some differences. White goats are characterized by a higher frequency of the  $S_1S_1$  genotype (by 8.3–11.5%) and a lower frequency of the  $S_2S_2$  genotype (by 14.1–17.4%) in comparison with goats with gray down ( $P \leq 0.05$ ;  $P \leq 0.01$ ). Accordingly, in goats of the white down breed, a higher frequency of the  $S_1$  allele (by 0.115-0.148) was revealed, and in goats with gray down, the  $S_2$  allele (by 0.115-0.148,  $P \geq 0.01$ ) in comparison with the alternative allele. The gene balance is not disturbed ( $\chi^2 = 0.530 - 2.720$ ). The immunogenetic characteristics of gray and white goats are given for 14 antigens. Goats of the Altai white downy breed and the Gorniy Altai downy breed of the Chuya type have a similarity in antigens Bi, R, O1, Da and a difference in the frequencies of antigens of blood groups Ab, Be, Bb, Bg, Ca. Herds of Altai white downy goats differ in frequencies Aa, Ab, Ca, Mb and O<sub>r</sub>. The genetic similarity index between herds of the Altai White Down breed is 0.985, between herds of different breeds - 0.947-0.948.

В последнее время козоводство как отрасль всё больше привлекает к себе внимание животноводов благодаря диетическим и лечебным свойствам козьего молока и ценности пуха, особенно белого. В России разводят семь пород и три типа коз шерстного, пухового и молочного направлений продуктивности, в том числе в Республике Алтай две породы: горно-алтайскую пуховую с серым пухом (чуйский высокогорный тип) и алтайскую белую [1, 2]. Республика Алтай располагает высокогорными пастбищами, благоприятными для коз, которые недоступны для других видов сельскохозяйственных животных, хорошо налаженным рынком сбыта пуха и кожевенного сырья и исторически сложившейся заня-

тостью населения в изготовлении этнических изделий из пуха, что обеспечивает экономические условия для эффективного развития козоводства.

Козий пух обладает исключительной тонинной, особой легкостью, мягкостью и малой теплопроводностью. У коз алтайской белой пуховой породы он не уступает пуху коз орнбургской пуховой породы, а по отдельным показателям (длине пуховых волокон, выходу пуха первого класса) превосходит его [3]. Средний начес пуха составляет 460 г (матки – 450–600, козлы – 700–900 г), что выше, чем у коз орнбургской породы (313,0 и 425,0 г соответственно), и на уровне прародительской придонской (305,0 и 910,0 г) [4]. Тем не менее

порода нуждается в улучшении качественных показателей белого пуха, в частности, снижении его тонины с целью преобразования пуха из кашгорского в кашмирский, который стоит на международном рынке в 2–5 раз дороже. Характерной особенностью современного козоводства является повышенный спрос на мясо, поэтому наряду с производством пуха уделяется внимание получению молодой козлятины.

С целью повышения эффективности традиционных методов селекции актуально использовать ДНК-маркёры, связанные с продуктивностью и качеством получаемой продукции, обеспечивающие более раннюю прогнозную оценку генетического потенциала животных. В настоящее время, несмотря на фрагментарность исследований, в литературе имеются обнадеживающие результаты по выявлению перспективных генов-кандидатов коз, таких как инсулиноподобный фактор роста I (IGF-I) и миостатин (MSTN) [5], ген κ-казеина [6–8]. Ведётся активный поиск использования гена BLG коз в генных конструкциях при получении животных, продуцирующих с молоком биологически активные белки диагностического и лечебного свойства [9].

Полиморфизм гена BLG и связь его генотипов с продуктивностью более широко изучены в молочных породах крупного рогатого скота [10–12]. Бета-лактоглобулин – основной сывороточный белок молока жвачных животных с молекулярной массой 35 кДа, который при низких и высоких значениях pH распадается на мономеры по 18 кДа. Содержание BLG в молоке коз и крупного рогатого скота составляет около 4 г/л, или 13–11 % от общего белка [13]. Локус BLG у козы и крупного рогатого скота находится на 11-й хромосоме, состоит из 7 экзонов и 6 интронов. Наиболее часто встречаемые у большинства пород крупного рогатого скота аллели – А и В, которые отличаются двумя аминокислотными заменами в положении 64 и 118 [14]. У коз при изучении одноимённого гена выявлено 4 аллеля – А, В, С, D, среди которых наиболее изучены А и В, составляющие соответственно 3 генотипа (АА, АВ, ВВ), определена их частот-

ность и связь с молочной продуктивностью, а также технологическими свойствами молока [10, 15]. Учитывая полиморфизм этого гена у коз и его влияние на качественный состав молока, можно предположить его влияние, как единственного корма в молочный период, на энергию роста молодняка, предопределяющую дальнейшее развитие организма и продуктивность козы, в том числе и пуховой.

Для характеристики генетического разнообразия овец и коз используется иммуногенетический анализ благодаря кодоминантной наследуемости и сравнительно лёгкому определению групп крови в лабораторных исследованиях.

Цель работы – дать сравнительную оценку пуховой продуктивности и генетических особенностей по полиморфизму гена BLG и группам крови коз Горного Алтая.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования служили козы алтайской белой пуховой породы в хозяйствах ООО «Кайрал» и ООО «Михаил» (n=283) и чуйский высокогорный тип серых пуховых коз горно-алтайской породы в хозяйстве СПК «Белтир» (n=120). Молекулярно-генетические исследования проведены в лаборатории биотехнологии СибНИПТИЖ СФНЦА РАН. ДНК выделяли из крови, консервированной ЭДТА КЗ, с использованием набора для экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-В» по прописи изготовителя ООО «НекстБио». Выявление полиморфизма коз по гену BLG проведено с использованием амплификатора C1000 BioRad [16]. Полученные продукты амплификации генов обрабатывали эндонуклеазами рестрикции SacII (СибЭНЗИМ, Новосибирск) согласно прописи изготовителя. Визуализацию и идентификацию генотипов определяли электрофорезом в 2 %-м агарозном геле в УФ-свете.

Иммуногенетическое тестирование проводили 14 сыворотками-реагентами производства лаборатории иммуногенетики

Ставропольского НИИ овцеводства и козоводства.

По данным зоотехнического учёта у коз учитывали начёс пуха, его длину, тонину, содержание и густоту пуха. Частоты аллелей и генотипов, их ошибку вычисляли по формулам [17]. Статистическую обработку проводили с использованием стандартных компьютерных программ Excel по общепринятым методикам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Козы Горного Алтая имеют высокую пуховую продуктивность. По данным бонитировки 2019 г., начёс пуха от козлов составлял 1,50–1,55, козочек – 0,70–0,74 кг (табл. 1). Более длинный пух (на 11,5%) получен от козлов алтайской белой пуховой породы в ООО «Михаил», у козоматок сравнимых пород длина пуха одинаковая. Содержание

Таблица 1

Пуховая продуктивность коз Горного Алтая (бонитировка 2019 г.)  
Down productivity of Gorny Altai goats (grading 2019)

Показатель	ООО «Кайрал»	ООО «Михаил»	СПК «Белтир»
Начёс пуха, кг			
козлы	1,50	1,50	1,55
козоматки	0,74	0,70	0,75
Длина пуха, см			
козлы	11,5	13,0	12,0
козоматки	10,0	10,0	10,0
Содержание пуха, %	75	75	75
Тонина пуха, баллов	T+ (5,3%) T (93,4%) T- (1,3%)	T+ (8,8%) T (91,2%)	T+ (5,2%) T (94,8%) –
Густота пуха, баллов	ММ (7,7%) М+ (82,4%) М (9,9%)	ММ (7,4%) М+ (84,8%) М (7,8%)	ММ (7,9%) М+ (87,4%) М (4,7%)
Живая масса козлов, кг	68	72	73
Живая масса козоматок, кг	41,0	43,0	42,0

Примечание: Тонина: Т+ (5 баллов) – очень тонкий; Т (4 балла) – пух отвечает требованиям стандарта породы; Т- (3 балла) – пух грубый; густота: ММ (5 баллов) очень густой пух; М+ (4 балла) пух густой; М (3 балла) пух удовлетворительной густоты.

пуха – в пределах 75%, по тонине пух уравнированный и в основном соответствует требованиям стандарта породы. У подавляющего большинства животных пух густой, хотя встречается около 7–8% животных с очень густым пухом (5 баллов) и 5–10% животных имеют более редкий пух (3 балла). По живой массе козлы и козоматки выравненные.

С целью изучения генетического разнообразия, отличительных особенностей серых и белых пуховых коз животных протестировали по гену  $\beta$ -лактоглобулина (BLG). При проведении ПЦР был получен фрагмент длиной 426 п.о., после рестрикции которого эндонуклеазой SacIIRFLP получены фрагменты 349 и 77 п.о. для генотипа  $S_1S_1$ , 426,349 и 77 п.о. – для генотипа  $S_1S_2$ , 426 п.о. – для геноти-

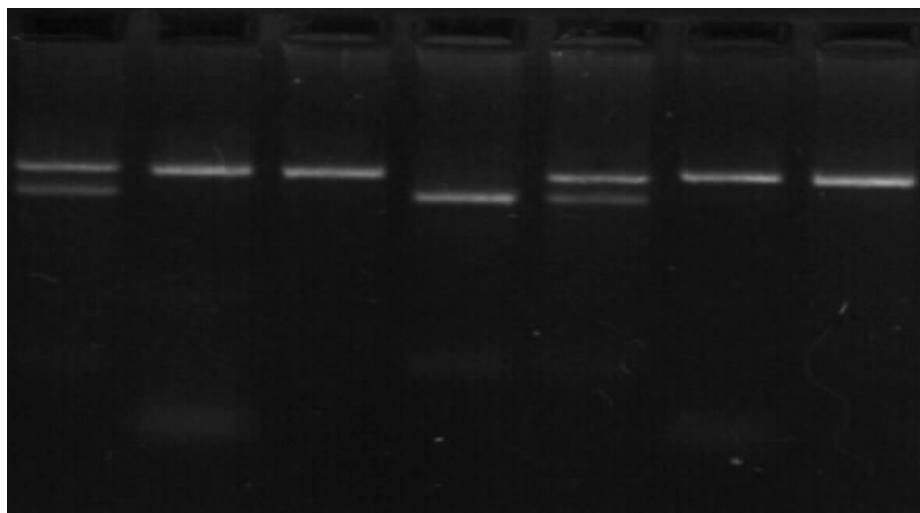
па  $S_2S_2$ . Дизайн результатов ПЦР-ПДРФ представлен на рисунке.

Сравнительная оценка полиморфизма гена  $\beta$ -лактоглобулина (BLG) в стадах пуховых коз Республики Алтай показала, что генотип  $S_1S_1$  встречается чаще у коз алтайской белой пуховой породы на 8,3 и 11,5% ( $P \leq 0,01$ ), чем у серых пуховых коз чуйского типа (СПК «Белтир»). Частота генотипа  $S_2S_2$  серых пуховых коз превосходит на 14,1–17,4% белых ( $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,01$ ). Существенных отличий по гетерозиготному генотипу  $S_1S_2$  между белыми и серыми козами не выявлено (табл. 2).

Варьирование частоты аллеля  $S_1$  находилось в диапазоне от 0,428 до 0,280% (табл. 3).

У всех животных наблюдалось преобладание аллеля  $S_2$  над аллелем  $S_1$ . При этом следует отметить, что козы белой пуховой поро-





Электрофоретическое разделение фрагментов рестрикции гена BLG: дорожки 1 и 5 – генотип  $S_1S_2$ ; дорожки 2,3,6,7 – генотип  $S_2S_2$ ; дорожка 4 – генотип  $S_1S_1$   
Electrophoretic separation of restriction fragments of the BLG gene: lanes 1 and 5 - genotype  $S_1S_2$ ; lanes 2,3,6,7,  $S_2S_2$  genotype; lane 4 - genotype  $S_1S_1$

Таблица 2

**Частота генотипов гена BLG коз алтайской белой пуховой и горно-алтайской серой пуховой породы чуйского типа, %**

**Frequency of genotypes of the BLG gene of goats of the Altai white down and Gorny Altai gray down breeds of the Chuya type, %**

Хозяйство	n	Генотип		
		$S_1S_1$	$S_1S_2$	$S_2S_2$
ООО «Кайрал»	181	13,30±2,50	52,50±3,70	34,20±3,50
ООО «Михаил»	97	16,50±3,80	52,50±5,10	30,90±4,70
СПК «Белтир»	120	5,00±1,99	46,70±4,55	48,30±4,56

Таблица 3

**Частота встречаемости аллелей по гену BLG у исследованных коз**  
**Frequency of occurrence of alleles for the BLG gene in the studied goats**

Хозяйство	n	Аллель		$\chi^2$
		$S_1$	$S_2$	
ООО «Кайрал»	181	0,395±0,03	0,605±0,03	1,743
ООО «Михаил»	97	0,428±0,04	0,572±0,04	0,530
СПК «Белтир»	120	0,280±0,029	0,720±0,029	2,720

ды характеризовались более высокой частотой аллеля  $S_1$  (на 0,115–0,148), тогда как у коз с серым пухом чаще на 0,115–0,148 встречался аллель  $S_2$  ( $P < 0,01$ ). Генное равновесие не нарушено ( $\chi^2 = 0,530–2,720$ ).

Иммуногенетический профиль серых и белых пуховых коз характеризуется определённым разнообразием как по стадам, так и в породном аспекте (табл. 4).

Козы чуйского высокогорного типа серых пуховых коз горно-алтайской породы отли-

чаются более низкой частотой антигена Ab (на 10,7–25%) и антигена Be (на 40,9–48,0%), чем стада коз алтайской белой пуховой породы ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ;  $P < 0,001$ ). В то же время ряд антигенов у серых коз встречается чаще, чем у белых. Так, антиген Bb выявлен у 92,0% животных, что выше, чем у коз с белым пухом, в 2 раза ( $P < 0,001$ ). У них отмечена повышенная концентрация антигена Bg на 15–25,6% и антигена Ca на 22,1–39% по сравнению с белыми козами ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,001$ ). Следует

Таблица 4

**Генетическая характеристика коз по группам крови**  
**Genetic characteristics of goats by blood group**

№ п/п	Аллель	СПК «Белтир» (n=100)	ООО «Михаил» (n=100)	ООО «Кайрал» (n=96)
1	Aa	51,0±5,0	43,0±5,0	75,0±4,4
2	Ab	67,0±4,7	82,0±3,8	92,7±2,7
3	Bb	92,0±2,7	43,0±5,0	44,8±5,1
4	Bd	100,0±0,0	76,0±4,3	70,8±4,6
5	Bi	68,0±4,7	69,0±4,7	74,0±4,5
6	Be	32,0±4,7	80,0±4,0	72,9±4,5
7	Bg	62,0±4,8	47,0±5,0	36,4±4,9
8	Ca	95,0±2,2	56,0±5,0	72,9±4,5
9	Cb	97,0±1,7	88,0±3,2	95,2±2,2
10	Ma	79,0±4,1	97,0±1,7	89,6±3,1
11	Mb	76,0±4,3	64,0±4,8	88,5±3,3
12	R	11,0±3,1	11,0±3,1	16,6±3,8
13	O <sub>1</sub>	100,0±0,0	97,0±1,7	89,8±3,1
14	Da	10,0±3,0	12,0±3,2	8,3±2,8

отметить характерную особенность генетического профиля чуйского высокогорного типа серых пуховых коз по 100%—му носительству антигенов Bd и O<sub>1</sub>.

В разрезе стад одной породы по частоте антигенов также выявлены различия. Так, у коз алтайской белой пуховой породы стада ООО «Кайрал» наблюдалась более высокая частота антигена Aa — на 32% ( $P<0,001$ ), Ab — на 10,7, Ca — на 16,9% ( $P<0,05$ ), а антигена Mb — на 24,5% ( $P<0,001$ ) в сравнении со стадом ООО «Михаил». При этом отмечена более высокая концентрация антигена O<sub>1</sub> у коз стада ООО «Михаил», чем в другом стаде этой же породы. Превышение составляет 7,2% ( $P<0,05$ ).

На основании частот 14 антигенов вычислен индекс генетического сходства, который между стадами алтайской белой пуховой породы составляет 0,985, между стадами разных пород — 0,947–0,948.

### ВЫВОДЫ

1. Козы алтайской белой пуховой породы и горно-алтайской пуховой породы чуйского типа в племенных стадах Республики Алтай имеют высокую пуховую продуктивность. По данным бонитировки 2019 г., начёс пуха от козлов составлял 1,50–1,55, козочек — 0,70–0,74 кг. Пуховая продуктивность соответ-

ствует требованиям стандарта породы, содержание пуха по отношению к ости находится в пределах 75%, по тонине пух уравненный, густота оценивается в 4 балла. Живая масса козлов составляет 68–73, козоматок — 41–43 кг.

2. Козы с серым и белым пухом имеют генетические отличия по полиморфизму гена BLG. Козы с белым пухом характеризуются более высокой частотой генотипа S<sub>1</sub>S<sub>1</sub> (на 8,3–11,5%) и пониженной встречаемостью генотипа S<sub>2</sub>S<sub>2</sub> (на 14,1–17,4%) в сравнении с козами с серым пухом ( $P\leq 0,05$ ;  $P\leq 0,01$ ). Соответственно у коз алтайской белой пуховой породы выявлена более высокая частота аллеля S<sub>1</sub> (на 0,115–0,148), а у коз горно-алтайской породы с серым пухом — частотность аллеля S<sub>2</sub> (на 0,115–0,148,  $P\geq 0,01$ ). Генное равновесие не нарушено ( $\chi^2=0,530-2,720$ ).

3. Выявлен антигенный спектр по 14 антигенам коз алтайской белой пуховой породы и горно-алтайской пуховой породы чуйского типа. Они имеют сходство по антигенам Bi, R, O<sub>1</sub>, Da и различие по частотам антигенов группы крови Ab, Be, Bb, Bg, Ca. Стада коз алтайской белой пуховой породы отличаются по частотам антигенов Aa, Ab, Ca, Mb и O<sub>1</sub>. Индекс генетического сходства между стадами алтайской белой пуховой породы составляет 0,985, между стадами разных пород — 0,947–0,948.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каргачакова Т.Б., Чикалев А.И. Состояние овцеводства и козоводства в Республике Алтай // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 4. – С. 10–12.
2. Инструкция по бонитировке коз с основами племенной работы: утв. Гос. агропром. ком. СССР 14.04.1986 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msh.mosreg.ru/>
3. Каргачакова Т.Б., Чикалев А.И., Подкорытов А.Т. Оценка технологического качества пуха алтайской белой пуховой породы коз // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XII междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 7–8 февр. 2017 г. – Барнаул, 2017. – С. 132–133.
4. Петров Н.И. Сохранение генофонда коз оренбургской породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4. – С. 157–159.
5. Анализ полиморфизма генов MSTN и IGF-I у коз зааненской породы / М.В. Позовникова, Т.А. Ларкина, А.А. Крутикова, Е.В. Никиткина, С.В. Тимофеева // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 4. – С. 22–24.
6. Genetic diversity in milk proteins among goats breed in Lithuania / L. Baltreinaite, S. Kerziene, K. Morkuniene, I. Miceiklene // Acta Universitatis Latviensis. – 2009. – № 753. – P. 117–124.
7. Kappa-casein gene polymorphism in Indian goats / A. Kumar, P.K. Rout, A. Mandal, R. Roy // Indian Journal of biotechnology. – 2017. – № 8. – P. 214–217.
8. Frequency and association of polymorphisms in CSN3 gene with milk yield and composition in Saanen goats / L.D. Catota-Gómez, G.M. Parra-Bracamonte, E.G. Cienfuegos-Rivas, J. Hernández-Meléndez, A. Sifuentes-Rincón, J.C. Martínez-González // Ecosistemas Recursos Agropecuarios. – 2017. – № 4 (12). – P. 411–417.
9. Использование гена бета-лактоглобулина при получении рекомбинантных белков – от старых технологий трансгенеза к методам редактирования генома / Т.П. Трубицина, В.П. Рябых, Е.М. Колоскова, В.А. Езерский, С.В. Максименко // Проблемы биологии продуктивности животных. – 2018. – № 3. – С. 15–34.
10. Погорельский И.А., Позовникова М.В. Полиморфизм гена бета-лактоглобулина (βLG) в стаде крупного рогатого скота черно-пестрой породы и взаимосвязь его генотипов с показателями молочной продуктивности // Генетика и разведение животных. – 2014. – № 1. – С. 45–47.
11. Genetic variants of k-casein and β-lactoglobulin genes and their association with protein and milk components of Holstein Friesian cows at small farmers in Lembang, West Java / A. Anggraeni, H.S. Nury, E. Andreas, C. Sumantri // 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach, KnE Life Sciences. – 2017. – P. 86–94.
12. Характеристика быков-производителей с комплексными генотипами генов BLG И INOS по молочной продуктивности женских предков / Х.Х. Гильманов, С.В. Тюлькин, И.В. Ржанова, Р.Р. Вафин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2020. – Т. 241, № 1. – С. 71–75.
13. Значение бета-лактоглобулина в белковом составе козьего молока / Р.А. Хаертдинов, Г.М. Закирова, И.Н. Камалдинов, А.Г. Фатихов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. – 2017. – Т. 229, № 1. – С. 58–61.
14. Caroli A. M., Chessa S., Erhardt G. J. Invited review: milk protein polymorphisms in cattle: effect on animal breeding and human nutrition // J. Dairy Sci. – Vol. 92. – P. 5335–5352. – DOI: 10.3168/jds.2009–246.
15. Оценка молочной продуктивности и качества молока коз в зависимости от породы и генотипа по гену BLG (бета-лактоглобулина) / А.С. Шувариков, О.Н. Пастух, Е.В. Жукова, Н.А. Жижин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 130–148.
16. Elmaci C., Oner Y., Koyuncu M. Allelic Frequencies of a SacII RELP at Exon 7 of the β-lactoglobulin gene in Turkish hair Goat breed // Asian Jornal of Animal and Veterinary. Advances. – 2009. – № 4 (3). – P. 130–133.
17. Животовский Л.А., Сороковой П.Ф., Машуров А.М. О вычислении индексов сходства между популяциями животных по частотам генов, контролирующих полиморфные признаки // Генетика. – 1973. – Т. 4. – № 4. – С. 122–127.

## REFERENCES

1. Kargachakova T. B., Chikalev A. I., *Ovcy, kozy, sherstjanoedelo*, 2018, No. 4, pp. 10–12. (In Russ.)
2. <https://msh.mosreg.ru>
3. Kargachakova T. B., Chikalev A. I., Podkorytov A. T. *Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu*, Proceedings of the Conference Title, Barnaul, 2017, pp. 132–133. (In Russ.)
4. Petrov N. I., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 4, pp. 157–159. (In Russ.)
5. Pozovnikova M. V., Larkina T. A., Krutikova A. A., Nikitkina E. V., Timofeeva S. V., *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*, 2019, No. 4, pp. 22–24. (In Russ.)
6. Baltrenaite L., Kerziene S., Morkuniene K., Miceiklene I. Genetic diversity in milk proteins among goats breed in Lithuania. *Acta Universitatis Latviensis*, 2009, No. 753, pp. 117–124.
7. Kumar A., Rout P. K., Mandal A., Roy R. Kappa-casein gene polymorphism in Indian goats. *Indian Journal of biotechnology*, 2017, No. 8, pp. 214–217.
8. Catota-Gómez L. D., Parra-Bracamonte G. M., Cienfuegos-Rivas E. G., Hernández-Meléndez J., Sifuentes-Rincón A., Martínez-González J. C. Frequency and association of polymorphisms in CSN3 gene with milk yield and composition in Saanen goats. *Ecosistemas Recursos Agropecuarios*, 2017, No. 4 (12), P. 411–417.
9. Trubicina T. P., Rjabyh V. P., Koloskova E. M., Ezerskij V. A., Maksimenko S. V., *Problemy biologii produktivnosti zhivotnyh*, 2018, No. 3, pp. 15–34. (In Russ.)
10. Pogorel'skij I. A., Pozovnikova M. V. *Genetika i razvedenie zhivotnyh*, 2014, No. 1, pp. 45–47. (In Russ.)
11. Anggraeni A., Nury H. S., Andreas E., Sumantri C. Genetic variants of k-casein and  $\beta$ -lactoglobulin genes and their association with protein and milk components of Holstein Friesian cows at small farmers in Lembang, West Java. *2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach, KnE Life Sciences*, 2017, P. 86–94.
12. Gil'manov H. H., Tjul'kin S. V., Rzhanova I. V., Vafin R. R., *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Je. Baumana*, 2020, T. 241, No. 1, pp. 71–75. (In Russ.)
13. Haertdinov R. A., Zakirova G. M., Kamaldinov I. N., Fatihov A. G., *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny*, 2017, T. 229, No. 1, pp. 58–61. (In Russ.)
14. Caroli A. M., Chessa S., Erhardt G. J. Invited review: milk protein polymorphisms in cattle: effect on animal breeding and human nutrition. *J. Dairy Sci.*, Vol. 92, P. 5335–5352. DOI: 10.3168/jds.2009–246.
15. Shuvarikov A. S., Pastuh O. N., Zhukova E. V., Zhizhin N. A. *Izvestija Timirjazevskoj sel'skhozjajstvennoj akademii*, 2019, No. 3, pp. 130–148. (In Russ.)
16. Elmaci C., Oner Y., Koyuncu M. Allelic Frequencies of a SacII RELP at Exon 7 of the  $\beta$ -lactoglobulin gene in Turkish hair Goat breed. *Asian Journal of Animal and Veterinary. Advances*, 2009. № 4 (3), P. 130–133.
17. Zhivotovskij L. A., Sorokovoj P. F., Mashurov A. M. *Genetika*, 1973, T. 4, No. 4, pp. 122–127. (In Russ.)