

АССОЦИАЦИЯ ГЕНОТИПОВ В-ЛАКТОГЛОБУЛИНА У ОВЕЦ РОМАНОВСКОЙ ПОРОДЫ С ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КРОВИ

¹Е.А. Климанова, аспирант

²Зоран Т. Поповски, доктор биологических наук, профессор

¹Т.В. Коновалова, старший преподаватель

¹Е.И. Тарасенко, аспирант

¹О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

¹О.И. Себезько, кандидат биологических наук, доцент

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

²Университет св. Кирилла и Мефодия, Скопье, Северная
Македония

E-mail: vet-gen-dep@nsau.edu.ru

Ключевые слова: овцы, романовская порода, полиморфизм, β-лактоглобулин, лейкоциты, эритроциты, гемоглобин, гематокрит

Реферат. *Изложены результаты исследований гематологических показателей крови овец романовской породы и их связь с генотипами по локусу β-лактоглобулина. Кровь в организме играет исключительно важную роль, поскольку через нее осуществляется обмен веществ. Она доставляет к клеткам органов тела питательные вещества и кислород, удаляя продукты обмена и углекислоту. По данным гематологических показателей можно судить об интенсивности обменных процессов. Поскольку ферменты крови, их активность, уровень обмена веществ, а также биохимическая адаптация закодированы в их генах, можно полагать, что биохимический состав крови у животных в определенной мере связан с их племенными и продуктивными качествами. Выявление закономерностей связи и влияния генетических факторов у пород различных животных является одной из основных задач в изучении селекционных особенностей и дальнейшего улучшения и контроля породных особенностей животных. Для нашего исследования были взяты 40 проб крови у овец романовской породы для проведения гематологических исследований, выделения ДНК и постановки ПЦР. ДНК-технологии во взаимосвязи с другими факторами необходимо использовать для улучшения селекционного процесса и продуктивных особенностей пород. Гематологический статус овец исследовали на гематологическом автоматическом анализаторе PCE-90VET (HTI, США). Клинические и гематологические показатели овец романовской породы разных генотипов свидетельствуют о высокой адаптационной пластичности и высоком уровне обменных процессов, протекающих в организме животных. Установлено, что у гомозиготных овец β-Lg A/A количество лейкоцитов в крови было в 1,5 раза выше, чем у гетерозиготных β-Lg A/B животных.*

ASSOCIATION OF β-LACTOGLOBULIN GENOTYPES IN ROMANOV SHEEP WITH HEMATOLOGICAL BLOOD PARAMETERS

¹E.A. Klimanova, Postgraduate Student

²Zoran T Popovski, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹T.V. Konovalova, Senior Lecturer

¹E.I. Tarasenko, Postgraduate Student

¹O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹O.I. Sebezko, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
²St Cyril and Methodius University, Skopje, Northern Macedonia

Keywords: *sheep, Romanov breed, polymorphism, β -lactoglobulin, white blood cells, erythrocytes, haemoglobin, haematocrit.*

Abstract. The authors presented the haematological blood parameters of Romanov breed sheep and their association with genotypes according to the β -lactoglobulin locus. Blood plays a significant role in the body as metabolism is carried out. It delivers nutrients and oxygen to the cells of the body organs and removes metabolic waste products and carbon dioxide. The intensity of the metabolic processes can be judged from haematological data. Since blood enzymes, their activity, metabolic levels, and biochemical adaptation are encoded in their genes, the authors believe that the biochemical composition of blood in animals is, to a certain extent, related to their breeding and productive qualities. Identifying patterns of relationship and influence of genetic factors in breeds of different animals is one of the main tasks in the study of breeding features and further improvement and control of breed peculiarities of animals. For our analysis, 40 blood samples were taken from Romanov breed sheep for haematological tests, DNA extraction and PCR. DNA technology in conjunction with other factors should be used to improve the breeding process and the productive traits of the breeds. The haematological status of sheep has been examined on a PCE-90VET (HTI, USA) haematological analyser. The clinical and haematological parameters of Romanov breed sheep of different genotypes indicate high adaptation plasticity and a high level of metabolic processes occurring in the body of animals. The authors found that homozygous β -Lg A/A sheep had 1.5 times the number of leukocytes in the blood compared to heterozygous β -Lg A/B animals.

Известно, что весь комплекс физиологических, биохимических и иммуногенетических процессов, происходящих в организме животных, зависит от морфобиохимического состава крови. Для объективной оценки внутренней среды организма, уровня направленности обменных процессов и активности его защитных систем используют морфологические и биохимические показатели крови, по которым можно судить о степени интенсивности окислительных процессов и уровне продуктивности. Следовательно, чем больше содержится эритроцитов и гемоглобина в единице объема крови, тем больше поглощается кислорода и тем интенсивнее будет протекать обмен веществ в живом организме [1, 2].

Таким образом, важнейшим объектом интерьерных исследований является кровь. Кровь – это биологическая жидкость, обеспечивающая органы и ткани животного питательными веществами и кислородом. Вместе с лимфой она образует систему циркулирующих жидкостей в организме, которая

осуществляет связь между химическими превращениями веществ в различных органах и тканях.

О жизнедеятельности, приспособленности животных к тем или иным условиям можно судить по интерьерным признакам, которые в определённой степени могут характеризовать и продуктивные качества. В связи с этим большой практический интерес представляет изучение закономерностей изменений показателей крови в процессе роста, развития и формирования продуктивных качеств животных. Кроме того, физиологические функции животных претерпевают определённые изменения с возрастом, зависят от продуктивности и других факторов [3, 4].

Отбор по специализированным производственным признакам и адаптация к широкому спектру условий окружающей среды повлекли за собой изменения в геноме современных пород овец. Овцеводство всегда было важной отраслью животноводства в России. До 1990 г. Россия наряду с Австралией, Китаем

и Новой Зеландией была одним из мировых лидеров по разведению овец [5–7]. В настоящее время овцеводство восстанавливается во многом благодаря применению новых методов исследования. Развитие современных методов изучения генома животных позволяет проводить однозначную оценку и комбинировать стандартизованные данные из разных лабораторий, обеспечивая тем самым мощный инструмент для решения ряда генетических проблем, включая успешное применение для исследований структуры популяции у сельскохозяйственных животных. В настоящее время наибольший интерес в исследованиях генотипов различных пород овец представляет полиморфизм генов, кодирующих казеины (Cn) и лактоглобулины (α - и β -лактоглобулин), на долю которых приходится большая часть всех белков молока овец [8–10].

Белок β -лактоглобулина (β -Lg) представляет собой одну из основных составляющих белков молочной сыворотки. Он кодируется геном BLg и считается одним из основных

романовской породы в условиях Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследования из популяции овец романовской породы Кемеровской области была отобрана кровь у 40 животных. Образцы крови отбирали в 10-миллиметровые вакуумные пробирки.

Установлено, что в зоне разведения сибирской популяции овец романовской породы и других видов животных содержание тяжелых металлов в почве, воде, кормах, органах и тканях не превышало ПДК [12].

Выделение ДНК из цельной крови проводилось с помощью набора для изоляции ДНК от Биолабмикс DU-250. Для проведения полимеразной цепной реакции брали 10 мкл выделенной ДНК животного и 40 мкл мастермикса. Программа постановки ПЦР следующая:

Проверку амплификации осуществляли с

<i>Температура, °С</i>	<i>Время, мин</i>
95	10
95	1
50-65	1
72	1-3
72	10
4	Постоянно

белков сыворотки, присутствующих в молоке жвачных животных [9, 10]. Его полиморфизм тесно связан с некоторыми свойствами овечьего молока. Локус β -Lg у овец расположен на 3-й хромосоме и содержит 7 экзонов и 6 интронов [11].

Целью нашей работы являлось изучение связи генотипов по гену β -лактоглобулина с гематологическими показателями крови овец

применением электрофореза в 1,5%-м геле с этидием бромидом.

Для разрезания исследуемого фрагмента ДНК и определения полиморфизма применяли рестриктазу RsaI. Под действием рестриктазы в агарозном геле участок гена β -лактоглобулина давал три полосы длиной 17; 37 и 66 п.н. – аллель β -LgA, две полосы длиной 17 и 103 п.н. при аллели β -LgB и че-

тыре полосы 17; 37; 66 и 103 п.н. у гетерозигот.

Исследование гематологического статуса овец проводили на гематологическом автоматическом анализаторе PCE-90VET (НТИ, США). Количество эритроцитов и лейкоцитов подсчитывали с помощью камеры Горяева. Показатели красной крови оценивали, помимо числа эритроцитов и содержания в них гемоглобина и величин гематокрита, расчетными показателями, отражающими средний объём эритроцита, среднее содержание и среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась при помощи стандартных методов описательной статистики: средняя арифметическая с ошибкой, медиана, первый и третий квартили, межквартильный размах. Обработку результатов исследования осуществляли с помощью программы Microsoft Office Excel 2007 и языка статистического программирования RStudio.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определенное представление о закономерностях изменения внутренней среды организма под воздействием изменяющихся внешних условий дает изучение интерьерных показателей. Важнейшим из них, непосредственно связанным с уровнем общего обмена веществ и интенсивностью течения окислительно-восстановительных процессов в организме, является морфологический состав крови [13, 14].

Профиль крови важен для оценки физиологического состояния, а также для оценки методов лечения, питания и диагностики состояния здоровья животного. Гематологические параметры влияют на продуктивную и репродуктивную способность животных, в то вре-

мя как их изменение связано с некоторыми внутренними и внешними факторами, включая возраст, пол, породу и физиологическое состояние животного [15–17].

Ранее нами были установлены ассоциация генотипов по гену β-лактоглобулина с уровнем альбумина в сыворотке крови овец романовской породы [18], отсутствие связи β-лактоглобулина с такими показателями крови, как мочевины и мочевая кислота [19], и влияние генотипов баранов романовской породы на накопление кадмия в миокарде потомства [20]. А.А. Волниным и др. было изучено содержание меди, цинка и селена в крови овец в условиях физиологического двора Всероссийского института животноводства им. Л.К. Эрнста и проведено сравнение полученных данных с представленными в научной литературе [21].

Известно, что лейкоциты играют важную роль в защитных и восстановительных процессах организма. Поэтому в зимний период, когда организм мобилизует свои защитные силы против воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, содержание лейкоцитов в крови повышается [22].

Кроме того, лейкоциты связаны с развитием хронических воспалительных, аллергических и аутоиммунных заболеваний. Следовательно, общее и дифференциальное количество лейкоцитов является важным клиническим показателем восприимчивости к инфекции и используется для мониторинга активности заболевания [23, 24].

В крови овец количество лейкоцитов обычно составляет от 5 до 11×10^9 /л крови (табл. 1).

Таблица 1

Содержание лейкоцитов ($10^9/л$) в сыворотке крови овец с различными генотипами по β -лактоглобулину
Leucocyte content ($10^9/l$) in serum of sheep with different genotypes for β -lactoglobulin

Ген	Генотип	n	$\bar{X} \pm S$	Me	Q1	Q3	IQR	Cv, %
β -Lg	A/A	17	10,5 00 \pm 0,987	9,6	8,93	12,2	3,23	38,9
	A/B	12	6,920 \pm 0,834	7,4	3,95	9,65	5,7	41,8
	B/B	11	10,600 \pm 1,38	10,2	5,98	15,2	9,25	43,2

Примечание. Q1 – первый квартиль; Q3 – третий квартиль; IQR – межквартильный диапазон; Cv – коэффициент вариации.

Note. Q1, first quartile; Q3, third quartile; IQR, interquartile range; Cv, coefficient of variation.

В наших исследованиях максимальное количество лейкоцитов отмечено у овец с генотипом A/A, которое было выше, чем у гетерозигот A/B, в 1,5 раза ($P < 0,01$). Стоит от-

Таблица 2

Уровень эритроцитов ($10^{12}/л$), гемоглобина (г/л) и гематокрита (%)
у овец с различными генотипами β -Lg

Erythrocyte levels ($10^{12}/l$), haemoglobin (g/l) and haematocrit (%) in sheep with different β -Lg genotypes

Ген	Генотип	n	$\bar{X} \pm S$	Me	Q1	Q3	IQR	Cv, %	
β -Lg	<i>Эритроциты</i>								
		A/A	17	10,900 \pm 0,512	10,9	9,85	12,5	2,65	19,3
		A/B	12	10,100 \pm 0,487	10,4	8,75	11,5	2,7	16,8
		B/B	11	10,600 \pm 0,685	11,5	9,53	11,8	2,31	21,5
	<i>Гемоглобин</i>								
		A/A	17	97,50 \pm 4,09	103	86,7	110,3	23,7	17,3
		A/B	12	91,00 \pm 4,39	89	80,4	105,6	25,2	16,7
		B/B	11	92,40 \pm 5,94	96	84,5	103,8	19,3	21,3
	<i>Гематокрит</i>								
		A/A	17	35,10 \pm 4,97	31,1	28,3	33	4,7	58,4
		A/B	12	27,70 \pm 1,26	26,9	24,7	31,7	7,04	15,8
		B/B	11	26,90 \pm 1,66	27,8	23,4	31,1	7,68	20,5

метить, что содержание лейкоцитов в сыворотке крови у овец с различными генотипами по β -лактоглобулину находились в пределах физиологической нормы.

У взрослых овец уровень гемоглобина выше, чем у молодых особей. Уровень гемоглобина у баранчиков и овец не имеет значительных различий.

Одним из важнейших свойств крови является снабжение тканей животного кислородом. Эта функция осуществляется с помощью кровяных клеток эритроцитов [25].

Основную массу форменных элементов крови составляют именно эритроциты, являющиеся высокоспециализированными клетками. Основная их функция – это транспорт кислорода к органам и тканям [26].

Интенсивность дыхательной функции крови во многом определяется уровнем гемоглобина в эритроцитах. В наших исследованиях уровень этого основного поставщика кислорода к тканям и органам в крови овец с различными генотипами был одинаковым (табл. 2).

Более высокое содержание эритроцитов в крови овец обычно сопровождается и более высоким уровнем гемоглобина. Наибольшее содержание эритроцитов и гемоглобина свидетельствует о повышенной кислородной емкости крови данных животных и о лучшей дыхательно-окислительной способности, следовательно, о более интенсивных процессах обмена веществ [27].

Не установлено различий в содержании эритроцитов, гемоглобина и гематокрита у животных с разными генотипами. Изученные нами гематологические показатели у овец находились в пределах физиологической нормы.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что по морфологическим показателям крови у молодняка всех генотипов отклонений от физиологической нормы не наблюдалось.

Гемоциты (клетки крови) играют жизненно важную роль в обеспечении устойчивости к заболеваниям и в транспортировке кислорода. Из трех типов клеток крови эритроциты имеют решающее значение для транспортировки кислорода и удаления побочных продуктов дыхания организмов. Чтобы организм мог использовать кислород из внешней среды, он должен транспортироваться и обмениваться через легкие, транспортироваться через кровь и обмениваться между кровью и различными тканями тела [28]. Вязкость крови и деформируемость эритроцитов играют решающую роль в транспортировке и обмене кислорода; несколько исследований показали, что вязкость крови зависит от существующих сил сдвига, агрегации эритроцитов, гематокрита (НСТ, об.% эритроцитов в крови) и биомеханических свойств эритроцитов. Кроме того, кислородная способность крови зависит от содержания НСТ и HGB [29–31].

Для возможности переносить кислород и осуществлять обмен кислорода с тканями важна такая характеристика эритроцитов, как гематокрит. Большие размеры клеток способствуют затрудненному прохождению клеток по капиллярам, а при малых размерах снижается уровень гемоглобина в крови. В обоих случаях резко возрастает риск развития гипоксии, что может привести к различным заболеваниям [32]. Овцы и козы младше 6 месяцев, как правило, имеют более низкий гематокрит, количество эритроцитов, гемоглобин и концентрацию белков плазмы, а также более высокое общее количество лейкоцитов. Новорожденные часто имеют высокий гематокрит при рождении, который снижается при приеме молозива. У кормящих животных может наблюдаться снижение гематокрита, количества эритроцитов и концентрации гемоглобина. Животные, пасущиеся на большой высоте, имеют повышенное количество

эритроцитов, гематокрита и концентрации гемоглобина [33, 34].

В настоящее время продолжается интенсивное изучение генетического полиморфизма у овец и других видов животных [35–38].

ВЫВОДЫ

1. Изучена ассоциация генотипов β -лактоглобулина овец романовской породы

с некоторыми гематологическими показателями. Установлено, что у овец, гомозиготных по β -лактоглобулину, генотипа А/А количество лейкоцитов в крови было в 1,5 раза выше ($P < 0,01$), чем у гетерозиготных особей, которые, в свою очередь, не отличались от гомозигот В/В.

2. По другим гематологическим показателям связи с генотипами по β -лактоглобулину не выявлено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Биология, генетика и селекция овцы* / А.В. Кушнир, В.И. Глазко, В.Л. Петухов [и др.]. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 524 с.
2. *Романовская порода овец* / А.И. Ерохин, Е.А. Карасев. – М.: МГУП, 2001. – 119 с.
3. *Климанова Е.А.* Влияние основных генов плодовитости на репродуктивные способности овец // Теория и практика современной аграрной науки. – Новосибирск, 2020. – С. 249–251.
4. *Климанова Е.А.* Влияние полиморфизма β -лактоглобулина на молочную продуктивность овец // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2020. – С. 14–15.
5. *Андреева В.А., Климанова Е.А., Тарасенко Е.И.* Сравнение частоты хромосомных и хроматидных фрагментов в клетках баранчиков романовской породы // Там же. – Новосибирск, 2021. – С. 253–256.
6. *Климанова Е.А., Тарасенко Е.И.* Полиморфизмы гена CAST у различных пород овец // Там же. – Новосибирск, 2021. – С. 378–381.
7. *Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia* / A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] // J. Pharm. Sci. and Res. – 2017. – N 9 (4). – P. 368–374.
8. *Elmaci C., One Y., Balcioglu M.S.* Genetic polymorphism of β -lactoglobulin gene in native Turkish sheep breeds // Biochemical Genetics. – 2006. – N 44. – P. 379–384.
9. *Elmaci C., One Y., Balcioglu M.S.* β -lactoglobulin gene types in karacabey merino sheep breeds using PCR-RFLP // J. Appl. Anim. Res. – 2007. – N 32. – P. 145–148.
10. *Genetic diversity and structure of the west balkan Plamenka sheep types as revealed by microsatellite and mitochondrial DNA analysis* / M. Cinkulov, Z. Popovsky, K. Porcu [et al.] // J. Anim. Breed Genet. – 2008. – N 125. – P. 417–426.
11. *Shaohua Zhu, Tingting Guo, Hongchang Zhao.* Wide association study using individual single-nucleotide polymorphisms and haplotypes for erythrocyte traits in Alpine Merino sheep // Frontiers Genetics. – 2020. – N 11. – P. 848.
12. *Макро- и микроэлементы в почвах и кормовых травах прифермерских полей Барнаульского Приобья* / А.И. Сысо, М.А. Лебедева, С.А. Худяев [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – №3(44). – С. 54–61.
13. *Харламов А.В., Панин В.А., Косилов В.И.* Влияние генов каппа-казеина и лактоглобулина на молочную продуктивность коров и белковый состав молока // Известия ОГАУ. – 2020. – №1 (81). – С. 193–197.
14. *Шевцова А.А., Климов Е.А., Ковальчук С.Н.* Обзор вариативности генов, связанных с молочной продуктивностью крупного рогатого скота // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2018. – №11. – С. 194–200.

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 ТСХА*. – 2019. – №3. – С. 130–148.
16. *Estrogen receptor as a candidate gene for prolificacy of small tail Han sheep* / X.D. Bi, M.X. Chu, H.G. Jin, [et al.] // *Acta Genetica Sinica*. – 2005. – N 32(10). – P. 1060–1065.
17. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных* / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: – Наука. Сиб. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
18. *The Romanov breed of sheep in Siberia* / O.I. Sebezshko, E.V. Kamaldinov, Y.I. Fedyaev [et al.] // *Proceeding The 2nd World Conference on Sheep*. – 2018. – P. 11–12.
19. *Correlations of some biochemical and hematological parameters with polymorphisms in α S1-casein and β -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed* / T.V. Konovalova, O.I. Sebezshko, O.S. Korotkevich [et al.] // *Proceedings of the International Symposium on Animal Science ISAS*, – 2018. – P. 47.
20. *Саурбаева Р.Т., Андреева В.А., Пиотровская Д.В.* Содержание меди в шерсти потомков некоторых баранов-производителей романовской породы // *Теория и практика современной аграрной науки: сб. П Нац. науч. конф.* – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 349–351.
21. *Содержание микроэлементов в крови овец романовской породы* / А.А. Волнин, С.Ю. Зайцев, В.А. Багиров, И.В. Гусев // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. – 2015. – № 10. – С. 13–19.
22. *Diseases of the hematologic, immunologic, and lymphatic systems (multisystem diseases)* / Christopher Cebra, Margaret Cebra // *Sheep and Goat Medicine*. – 2002. – P. 359–391.
23. *Ассоциация* генотипов β -лактоглобулина с некоторыми биохимическими показателями крови овец романовской породы / Е.А. Климанова, Т.В. Коновалова, В.А. Андреева [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2020. – № 4(57). – С. 82–87.
24. *The impact of the stud rams of romanov breed genotype on the accumulation of cadmium in the myocardium of their offspring* / T.V. Konovalova, V.A. Andreeva, R.T. Saurbaeva [et al.] // *Trace Elements and Electrolytes*. – 2021. – T. 38, N 3. – P. 145.
25. *Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia* / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov, Y.I. Fedyaev [et al.] // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2017. – Vol. 44. – P. 74.
26. *Биологические особенности овец романовской породы: монография* / В.Ю. Лобков, А.Н. Белоногова, Д.Д. Арсеньев. – Ярославль, 2012. – 161 с.
27. *Михайленко А.К., Ашихмина Е.В., Долгашова М.А.* Морфологический состав крови овец при разных условиях содержания // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2013. – №6. – С. 1–3.
28. *Changes in white blood cells in sheep blood during selenium supplementation* / L. Pisek, J. Travnicek, J. Salat [et al.] // *Veterinari Medicina*. – 2008. – № 53(5). – P. 255–259.
29. *Клиническая гематология животных: учебное пособие* / Д.Р. Амиров, Б.Ф. Тамимдаров, А.Р. Шагеева. – Казань: Центр информационных технологий КГАВМ, 2020. – 134с.
30. *Wafaa I.I.* Association of β -lactoglobulin gene polymorphism with milk production and composition in local awassi sheep // *Plant Archives*. – 2019. – №19. – P. 284–288.
31. *Hematological reference values for healthy fat-tailed sheep (Dhumba) in Bangladesh* / S. Islam, M.K.Rahman, J. Ferdous [et al.] // *J. Adv. Vet. Anim. Res.* – 2018. – N 5(4). – P. 481–484.
32. *Wodas L., Mackowski M.* Genes encoding equine β -lactoglobulin (LGB1 and LGB2): Polymorphism, expression, and impact on milk composition // *PLoS ONE*. – 2020. – N 15(4). – P. 1–14.
33. *Морфология и физиология системы крови: учебное пособие* / В.М. Аксенова, А.П. Осипов. – Пермь: Прокрость, 2019. – 123 с.
34. *Динамика гематологических показателей крови овец в постнатальном онтогенезе в зоне йододефицита* / В.С. Скрипкин, А.С. Плетенцова, И.Ю. Цымбал, А.Н. Квочко // *Овцы, козы, шерстяное дело*. – 2018. – № 2. – С. 42–43.
35. *Molecular methods in animal breeding* / Z.T. Popovski, T.V. Konovalova. – Novosibirsk: NSAU: Golden spike, 2019. – 160 p.

36. *Polymorphisms in ovine β s1-casein gene among autochthon strains of Pramenka breed sheep in Balkan* / Zoran Popovski, B. Dimitrievska, Koco Porcu, Muhamed Brka // Conference: International Symposium for Agriculture and Food. – Skopje, Macedonia, 2013. – P. 687–690.
37. *Генетическая оценка производителей кулундинской тонкорунной породы овец по качеству потомства* / С.И. Сторожук, В.Л. Петухов, В.А. Андреева [и др.] // Вестник НГАУ. – 2021. – № 2 (59). – С. 156–166.
38. *Анализ продуктивности романовской породы овец с использованием полиморфизма гена β -лактоглобулина* / Г.М. Гончаренко, Н.Б. Гришина, Т.С. Хорошилова, С.В. Егоров // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии. – 2017. – С. 127–130.

REFERENCES

1. Kushnir A.V., Glazko V.I., Petukhov V.L., Dimov G., Storozhuk S.I., *Biologiya, genetika i selektsiya ovtsy* (Biology, genetics and sheep breeding), Novosibirsk: NGAU, 2010, 524 p.
2. Erokhin A.I., Karasev E.A., *Romanovskaya poroda ovets* (Romanov breed of sheep), Moscow: MGUP, 2001, 119 p.
3. Klimanova E.A., *Teoriya i praktika sovremennoi agrarnoi nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Collection of the III national (all-Russian) scientific conference with international participation, 2020, pp. 249–251. (In Russ.)
4. Klimanova E.A., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the scientific-practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University, 2020, pp. 14–15. (In Russ.)
5. Andreeva V.A., Klimanova E.A., Tarasenko E.I., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the scientific-practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, 2021, pp. 253–256. (In Russ.)
6. Klimanova E.A., Tarasenko E.I., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the scientific-practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, 2021, pp. 378–381. (In Russ.)
7. Syso A.I., Sokolov V.A., Petukhov V.L., Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *J. Pharm. Sci. and Res*, 2017, No. 9 (4), pp. 368–374.
8. Elmaci C., One Y., Balcioglu M.S., Genetic polymorphism of β -lactoglobulin gene in native Turkish sheep breeds, *Biochemical Genetics*, 2006, No. 44, pp. 379–385.
9. Elmaci C., One Y., Balcioglu M.S., β -lactoglobulin gene types in karacabey merino sheep breeds using PCR-RFLP, *J. Appl. Anim. Res*, 2007, No. 32, pp. 145–148.
10. Cinkulov M., Popovsky Z., Porcu K., Blagica T., Genetic diversity and structure of the west balkan Plamenka sheep types as revealed by microsatellite and mitochondrial DNA analysis, *J. Anim. Breed Genetic*, 2008, No. 125, pp. 417–426.
11. Shaohua Zhu, Tingting Guo, Hongchang Zhao, Wide association study using individual single-nucleotide polymorphisms and haplotypes for erythrocyte traits in Alpine Merino sheep, *Frontiers Genetics*, 2020, No. 11, p. 848.
12. Syso A.I., Lebedeva M.A., Khudyaev S.A., Cherevko A.S., Shishin A.I., Sebezshko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Slobozhanin D.M., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3(44), pp. 54–61. (In Russ.)
13. Kharlamov A.V., Panin V.A., Kosilov V.I., *Izvestiya OGAU*, 2020, No. 1 (81), pp. 193–197. (In Russ.)
14. Shevtsova A.A., Klimov E.A., Kovalchuk S.N., *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2018, No. 11, pp. 194–200. (In Russ.)

15. Shuvarikov A.S., Pastukh O.N., Zhukova E.V., Zhizhin N.A., *Izvestiya TSKhA*, 2019, No. 3, pp. 130–148. (In Russ.)
16. Bi X.D., Chu M.X., Jin H.G., Fang L., Ye S.C., Estrogen receptor as a candidate gene for prolificacy of small tail Han sheep, *Acta Genetica Sinica*, 2005, No. 32(10), pp. 1060–1065.
17. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K., Gudilin I.I., Kulikova S.G., Korotkevich O.S., Dement'ev V.N., Kochnev N.N., Marenkov V.G., Kochneva M.L., Nezavitin A.G., Smirnov P.N., Kondratov A.F., Zheltikov A.I., Bekenev V.A., Nozdryn G.A., *Problemy selektsii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Problems of breeding farm animals), Novosibirsk, 1997, 283 p.
18. Sebezshko O.I., Kamaldinov E.V., Fedyaev Y.I., Shishin N.I., Li W., Liu M., Saurbaeva R.T., Andreeva V.A., Guseva A.P., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Osadchuk L.V., *The Romanov breed of sheep in Siberia, Proceeding The 2nd World Conference on Sheep*, 2018, pp. 11–12.
19. Konovalova T.V., Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., LI W., Liu M, Saurbaeva R.T., Narozhnykh K.N. Nazarenko A.V., Kamaldinov E.V., Andreeva V.A., Petukhov V.L., Popovski Z.T., Correlations of some biochemical and hematological parameters with polymorphisms in $\alpha S1$ -casein and β -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed, Proceedings of the International Symposium on Animal Science ISAS, *International symposium on animal science ISAS*, 2018, p. 47.
20. Saurbaeva R.T., Andreeva V.A., Piotrovskaya D.V. *Teoriya i praktika sovremennoj agrarnoj nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Sb. II Nacional'noj nauch. konf., 2019, pp. 349–351. (In Russ.)
21. Volnin A.A., Zaitsev S.Yu., Bagirov V.A., Gusev I.V., *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*, 2015, No. 10, pp. 13–19. (In Russ.)
22. Christopher Cebra, Margaret Cebra, Diseases of the hematologic, immunologic, and lymphatic systems (multisystem diseases), *Sheep and Goat Medicine*, 2002, pp. 359–391.
23. Klimanova E.A., Konovalova T.V., Andreeva V.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Nazarenko Yu.S., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 4 (57), pp. 82–87. (In Russ.)
24. Konovalova T.V., Andreeva V.A., Saurbaeva R.T., Korotkevich O.S., Kostomakhin N.M., Petukhov V.L., Klimanova E.A., The impact of the stud rams of romanov breed genotype on the accumulation of cadmium in the myocardium of their offspring, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, T. 38, No. 3, pp. 145.
25. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., Fedyaev Y.I., Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, Vol. 44, P. 74.
26. Lobkov V.Yu., Belonogova A.N., Arsenev D.D., *Biologicheskie osobennosti ovets romanovskoi porody* (Biological characteristics of sheep of the Romanov breed), Yaroslavl, 2012, 161 p. (In Russ.)
27. Mikhailenko A.K., Ashikhmina E.V., Dolgashova M.A., *Selskokhozyaistvennyi zhurnal*, 2013, No. 6, pp. 1–3. (In Russ.)
28. Pisek L., Travnicek J., Salat J., Kroupova V., Soch M., *Veterinarni Medicina*, 2008, No. 53(5), pp. 255–259.
29. Amirov D.R., Tamimdarov B.F., Shageeva A.R., *Klinicheskaya gematologiya zhivotnykh* (Clinical hematology of animals), Kazan: Tsentr informatsionnykh tekhnologii KGAVM, 2020, 134 p.
30. Wafaa I.I., Association of β -lactoglobulin gene polymorphism with milk production and composition in local awassi sheep, *Plant Archives*, 2019, No. 19, pp. 284–288.
31. Islam S., Rahman M.K., Ferdous J., Hossain M.B., Hassan M.M., Islam A., Hematological reference values for healthy fat-tailed sheep (Dhumba) in Bangladesh, *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, 2018, No. 5(4), pp. 481–484.
32. Wodas L., Mackowski M., Genes encoding equine β -lactoglobulin (LGB1 and LGB2): Polymorphism, expression, and impact on milk composition, *PLoS ONE*, 2020, No. 15(4), pp. 1–14.
33. Aksenova V.M., Osipov A.P., *Morfologiya i fiziologiya sistemy krovi* (Morphology and physiology of the blood system), Perm: Prokrost, 2019, 123 p. (In Russ.)

34. Skripkin V.S., Pletentsova A.S., Tsymbal I.Yu., Kvochko A.N., *Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo*, 2018, No. 2, pp. 42–43. (In Russ.)
35. Popovski Z.T., Konovalova T.V., *Molecular methods in animal breeding*, Novosibirsk: NSAU: Golden spike, 2019, 160 p.
36. Popovski Zoran, Dimitrievska B., Porcu Koco, Brka Muhamed, *Polymorphisms in ovine $\beta s1$ -casein gene among autochthon strains of Pramenka breed sheep in Balkan*, Conference: International Symposium for Agriculture and Food., Skopje, Macedonia, 2013, pp. 687–690.
37. Storozhuk S.I., Petukhov V.L., Andreeva V.A., Klimanova E.A., Konovalova T.V., Tarasenko E.I., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2(59), pp. 156–166. (In Russ.)
38. Goncharenko G.M., Grishina N.B., Khoroshilova T.S., Egorov S.V., *Agrarnaya nauka - Sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii* (Agricultural science – agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria), 2017, pp. 127–130.