

ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА У ОВЕЦ С РАЗНЫМИ ГЕНОТИПАМИ ПО ГЕНУ МИОСТАТИНА

Т.В. Коновалова, Е.А. Климанова, А.В. Назаренко, Е.И. Тарасенко, О.И. Себежко

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: andrey2221100@mail.ru

Для цитирования: Показатели белкового обмена у овец с разными генотипами по гену миостатина / Т.В. Коновалова, Е.А. Климанова, А.В. Назаренко, Е.И. Тарасенко, О.И. Себежко // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 2(75). – С. 192–199. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-75-2-192-199.

Ключевые слова: овцы, романовская порода, белковый обмен, генотипы, миостатин.

Реферат. В статье приводятся результаты исследования показателей белкового обмена у овец романовской породы с разными генотипами по гену миостатина (MSTN). Исследование проводилось на овцах романовской породы в возрасте 6–7 мес. Животные содержались в одинаковых условиях и получали стандартизированный корм. Для биохимических исследований использовалась кровь, полученная методом вакуумной экстракции. Биохимические показатели животных определяли с использованием реактивов производства ЗАО «Вектор-Бест» на биохимическом анализаторе Photometer 5010 V5+ на базе лаборатории ветеринарной генетики и биохимии кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии Новосибирского ГАУ. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программ Microsoft Office Excel 2016 и R Studio 2024.12.1+563. Нормальность распределения признаков оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка (W). Достоверность признаков между генотипами оценивали по t-критерию Стьюдента. В ходе исследования локуса MSTN в популяции романовских овец в условиях Западной Сибири выявлено два генотипа: гетерозиготный генотип CD (с частотой 0,58) и гомозиготный генотип DD (частота 0,42). Концентрация альбуминов и АЛТ у обоих генотипов имела нормальное распределение ($p > 0,05$). Установлено, что генотип CD по гену MSTN ассоциирован с повышенным содержанием общего белка в сыворотке крови, снижением активности АЛТ и значительным снижением активности АСТ. Носители аллеля DD демонстрируют повышенный уровень альбуминов. Выявлена связь генотипа по локусу MSTN с содержанием альбумина в сыворотке крови у овец романовской породы. Гомозиготные животные DD превосходят в 1,3 раза гетерозигот CD по уровню альбумина. Показана более высокая фенотипическая изменчивость уровней АЛТ и АСТ у животных с генотипами CD в сравнении с овцами с генотипами DD. Полученные результаты по биохимическому профилю овец могут быть использованы для оценки интєрьера романовской породы с учетом генотипов в соответствии с полиморфизмом по гену миостатина.

PROTEIN METABOLISM INDICATORS IN SHEEP WITH DIFFERENT GENOTYPES OF THE MYOSTATIN GENE

T.V. Konovalova, E.A. Klimanova, A.V. Nazarenko, E.I. Tarasenko, O.I. Sebezhko

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: andrey2221100@mail.ru

Keywords: sheep, Romanov breed, protein metabolism, genotype, myostatin.

Abstract. The article presents the results of a study of protein metabolism parameters in Romanov sheep with different genotypes for the myostatin gene (MSTN). The study was conducted on Romanov sheep aged 6–7 months. The animals were kept in the same conditions and received standardized feed. Blood obtained by vacuum extraction was used for biochemical studies. Biochemical parameters of animals were determined using reagents manufactured by Vector-Best CJSC on a Photometer 5010 V5+ biochemical analyzer at the Laboratory of Veterinary Genetics and Biochemistry of the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology of Novosibirsk State Agrarian University. Statistical data processing was performed using Microsoft Office Excel 2016 and R Studio 2024.12.1+563. The normality of the distribution of features was assessed using the Shapiro-Wilk test (W). The reliability of features between genotypes was assessed using Student's t-test. During the study of the MSTN locus in the Romanov sheep population in Western Siberia, two genotypes were identified: the heterozygous CD genotype

(with a frequency of 0.58) and the homozygous DD genotype (frequency of 0.42). The concentration of albumin and ALT in both genotypes had a normal distribution ($p > 0.05$). It was found that the CD genotype for the MSTN gene is associated with an increased content of total protein in the blood serum, a decrease in ALT activity, and a significant decrease in AST activity. Carriers of the DD allele demonstrate an increased level of albumin. A relationship was found between the genotype for the MSTN locus and the albumin content in the blood serum of Romanov sheep. Homozygous DD animals exceed CD heterozygotes by 1.3 times in albumin level. Higher phenotypic variability of ALT and AST levels in animals with CD genotypes was shown compared to sheep with DD genotypes. The obtained results on the biochemical profile of sheep can be used to evaluate the interior of the Romanov breed taking into account genotypes in accordance with polymorphism in the myostatin gene.

Романовская порода овец – это одна из старейших и наиболее известных мясо-шерстных пород, выведенная в XVIII в. в Ярославской области России. Она относится к грубошерстным породам овчинно-мясного направления и ценится за свою плодовитость, выносливость и неприхотливость в содержании [1].

Белковый обмен у овец представляет собой сложный физиологический процесс, находящийся под влиянием возрастных, сезонных, генетических и онтогенетических факторов [2]. Научные исследования демонстрируют его прямую связь с продуктивностью, адаптационными способностями и метаболической пластичностью животных [3, 4].

В первом месяце жизни ягнят наблюдается низкий уровень общего белка в крови, который постепенно увеличивается по мере роста и развития. Например, у ягнят карачаевской породы в зоне с достаточной йодной обеспеченностью уровень общего белка в первом месяце составляет около 63,38 г/л, а к двум месяцам увеличивается на 12,7–13 %. У взрослых овец белковый обмен более стабилен и зависит от условий содержания и питания [5].

Генетические особенности породы могут существенно влиять на интенсивность белкового обмена [6, 7]. Например, помесные баранчики демонстрируют более эффективное использование азота по сравнению с чистопородными животными [8].

Условия содержания, включая высоту местности и уровень йода в кормах, влияют на гормональный фон и белковый обмен. Недостаток йода снижает активность щитовидной железы [9], ухудшая синтез белков [10]. Качество кормов определяет азотистый баланс и эффективность белкового обмена у овец [11], а правильное питание поддерживает положительный азотистый баланс, важный для роста молодняка [12].

Цель исследования – установить средние показатели, характеризующие белковый обмен у овец и их взаимосвязь между животными с разными генотипами.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперименты проведены на овцах романовской породы в Кемеровской области. Была отобрана группа овец в количестве 26 голов в возрасте 6–7 мес. Животные содержались в одинаковых условиях и получали стандартизированный корм, что регламентируется постановлением Коллегии экономической комиссии от 13.02.2018 № 27 «Об утверждении единых ветеринарно-санитарных требований, предъявляемых к объектам, подлежащим ветеринарному контролю» [13]. Рацион составлен в соответствии с ГОСТ 10199–2017 «Комбикорм-концентраты для овец и коз. Общие технические условия» [14]. Корма давали согласно требованиям МДУ элементов в кормах № 123-4/281-8 «Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках» [15]. Вода для поения использовалась второго класса согласно ГОСТ 2761–84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения» [16] и соответствовала требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [17]. На территории районирования популяции овец романовской породы сотрудниками Института почвоведения и агрохимии СО РАН проводился мониторинг почв, воды, кормов [18]. Также был установлен радионуклидный профиль в кормовых культурах [19] и тяжелых металлов в волосе животных и человека [20].

Было отобрано 26 проб сыворотки крови после голодной диеты 12–18 ч острым методом с соблюдением правил асептики и антисептики. Биохимические показатели измеряли на полуавтоматическом анализаторе Photometer 5010 V5+ с помощью стандартных методик, разработанных для определения биохимических показателей животных и человека с использованием реактивов производства ЗАО «Вектор-Бест».

Выделение ДНК проводили из цельной крови с помощью готового коммерческого набора Биолабмикс. Амплификацию исследуемого фрагмента гена MSTN с использованием праймеров 5'-AGAACAGCGAGCAGAAGGAA-3' и 3'-CGTCGTAACGTGGTAGTCAT-5', рестрикцию фрагмента гена эндонуклеазой рестрикции HindIII.

Результаты исследований обработаны методами описательной статистики с использованием стандартного программного обеспечения из пакета Microsoft office 2016 и языка программирования R на базе R studio (2024.12.1+563). Были установлены показатели вариационной статистики: $\bar{x}$ – средняя арифметическая, $S_{\bar{x}}$ – ошибка средней, Me – медиана, σ – среднее квадратическое отклонение, Q1 – первый квартиль, Q3 – третий квартиль, IQR – межквартильный размах, lim –

минимальное и максимальное значение признака. Межквартильный размах (IQR) вычисляли как разность между третьим и первым квартилями. Нормальность распределения признаков оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка (W). Достоверность признаков между генотипами оценивали по t-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе исследования локуса MSTN в популяции романовских овец в условиях Западной Сибири выявлено два генотипа: гетерозиготный генотип CD (с частотой 0,58) и гомозиготный генотип DD (частота 0,42). Концентрация альбуминов и АЛТ у обоих генотипов имела нормальное распределение ($p > 0,05$). В табл. 1 приведены показатели белкового обмена.

Таблица 1

Среднее содержание показателей белкового обмена с учетом генотипа овец по гену миостатина
Average content of protein metabolism indicators taking into account the genotype of sheep for the myostatin gene

Показатель	Генотип	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Me	Референсные значения
Общий белок, г/л	CD	83,80±2,03	80,00	60,00–79,00*
	DD	79,80±2,61	78,50	
Альбумины, г/л	CD	31,60±1,60	29,50	24,00–30,00*
	DD	38,20±1,50 ^x	39,00	
АЛТ, ЕД/л	CD	22,90±1,90	24,20	26,00–34,00*
	DD	24,50±1,47	26,60	
АСТ, ЕД/л	CD	36,40±2,95	32,10	60,00–280,00*
	DD	38,10±2,25	36,30	

Примечание: ^x – $p < 0,05$; * [33].

Содержание общего белка в сыворотке крови у овец с генотипом CD было выше предельной границы физиологической нормы на 1,25 %, альбуминов – у животных с аллелем DD на 23,08 %. Концентрация АЛТ у овец с генотипом CD была ниже предельно допустимой границы нормы (на 6,92 %), а также уровень АСТ по обоим генотипам был ниже допустимого предела референсных значений (на 39,5–46,5 % соответственно).

Установлена достоверная разность между генотипами локуса MSTN по содержанию альбумина в сыворотке крови. Так, средний уровень у гомозиготных животных с генотипом DD был в 1,3 раза выше, чем у овец с генотипом CD ($p < 0,05$).

В табл. 2 представлена изменчивость показателей белкового обмена.

Таблица 2

Показатели изменчивости белкового обмена в зависимости от генотипа овец
Variability indices of protein metabolism depending on the sheep genotype

Показатель	Генотип	σ	Q1	Q3	IQR	lim
1	2	3	4	5	6	7
Общий белок, г/л	CD	10,70	78,00	88,00	10,00	63,00–114,00
	DD	12,80	73,00	85,00	12,00	63,00–128,00

1	2	3	4	5	6	7
Альбумины, г/л	CD	8,44	25,00	38,00	13,00	19,00–54,00
	DD	7,34	33,20	43,60	10,30	23,00–56,00
АЛТ, ЕД/л	CD	10,20	15,80	29,70	13,90	3,84–40,20
	DD	7,20	19,00	30,00	11,00	9,34–37,30
АСТ, ЕД/л	CD	15,90	28,40	41,40	13,00	12,50–104,70
	DD	11,00	29,00	46,90	17,90	21,60–60,40

Исследования показали связь между уровнем альбумина и полиморфизмом в гене MSTN у овец. У животных с генотипом CD по концентрации АЛТ и АСТ в сыворотке крови наблюдается высокая изменчивость, у DD по этим же ферментам средняя.

Определенные мутации в гене MSTN могут усиливать формирование мышечной массы, что делает их более перспективными для мясного производства.

Полученные результаты по биохимическому профилю овец могут быть использованы для оценки интерьера романовской породы с учетом генотипов в соответствии с полиморфизмом по гену миостатина.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ген миостатина (MSTN), также известный как фактор роста и дифференцировки 8 (GDF-8), играет ключевую роль в регуляции роста и развития мышечной ткани у животных, включая овец. Этот ген кодирует белок, который подавляет рост и дифференцировку мышечных клеток [21, 22]. Миостатин секретируется мышечными клетками и действует по принципу обратной связи [23]. При увеличении мышечной массы увеличивается секреция миостатина, что тормозит дальнейший рост мышц [24]. Ген MSTN является одним из наиболее перспективных генов-кандидатов, влияющих на мясную продуктивность овец [25].

Белковый состав крови овец демонстрирует выраженную возрастную динамику и видовую специфику [26, 27]. Эти белки выполняют ключевые функции в поддержании гомеостаза и адаптивных реакциях организма [28]. Альбумины (поддержание коллоидно-осмотического давления, транспорт жирных кислот, гормонов и витаминов, резерв аминокислот (30–32 г/л у взрослых овец)). У плодов концентрация альбуминов возрастает с 0,72 г/% (2 мес.) до 3,57 г/% (5 мес.). У новорожденных ягнят западно-сибирской породы уровень альбуминов на 14,2 % выше у осеннего приплода [29].

Аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспаратаминотрансфераза (АСТ) являются ферментами, играющими ключевую роль в метаболизме аминокислот и служащими важными индикаторами функции печени и сердца у животных, включая овец [30]. АЛТ участвует в катаболизме белков, катализируя обратимую реакцию между аланином и α -кетоглутаратом с образованием пировиноградной кислоты и глутамата. АСТ участвует в метаболизме аминокислот, катализируя обратимую реакцию между аспаратом и α -кетоглутаратом с образованием оксалоацетата и глутамата [31, 32].

В исследованиях других авторов отмечается, что у 9-месячных ягнят породы катадин общий белок составляет 62,71 г/л, что значительно ниже, чем в нашем исследовании. Альбумины у романовских и катадинских овец достигают 46,76 г/л в 9 мес. [34]. Высокая изменчивость АЛТ и АСТ у животных с разными генотипами может быть обусловлена особенностями метаболизма, функцией печени или влиянием генотипа [35–37].

Изучение полиморфизмов генов у различных пород животных показывает их значимость для селекции [38], особенно это важно для редких и исчезающих пород животных [39, 40].

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что у овец романовской породы генотип CD по гену MSTN ассоциирован с повышенным содержанием общего белка в сыворотке крови. Наблюдалось снижение активности АЛТ и АСТ.

2. Выявлена связь генотипа по локусу MSTN с содержанием альбумина в сыворотке крови у овец романовской породы. Гомозиготные животные DD превосходят в 1,3 раза гетерозигот CD по уровню альбумина.

3. Показана более высокая фенотипическая изменчивость уровней АЛТ и АСТ у животных с генотипами CD в сравнении с генотипами DD.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-26-00136).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *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. – Nanjing, China: The International Society of Zoological Sciences, 2018. – P. 11–12.
2. Дементьева Т.А., Короткевич О.С. Практикум по биологической химии. – Новосибирск: НГАУ, 2011. – 260 с.
3. Проблемы селекции сельскохозяйственных животных / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1997. – 283 с.
4. Биология, генетика и селекция овцы / А.В. Кушнир, В.И. Глазко, В.Л. Петухов [и др.]. – Новосибирск: Прометей, 2010. – 520 с.
5. Михайленко А.К., Ашихмина Е.В. Гормональный профиль, белковый обмен овец в зависимости от возраста и условий содержания // Сельскохозяйственный журнал. – 2012. – № 2(1). – С. 132–135.
6. Короткевич О.С., Костомахин Н.М. Биохимия мяса. – Новосибирск: НГАУ, 2002. – 62 с.
7. Экологическая генетика / О.И. Себежко, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич [и др.]. – Новосибирск: НГАУ, 2011. – 567 с.
8. Морфологические и биохимические показатели крови полутонкорунных овец / Б.Б. Траисов, И.С. Бейшова, Ю.А. Юлдашбаев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(94). – С. 315–319.
9. Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov [et al.] // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2017. – Vol. 44, N 5. – P. 74. – DOI: 10.1016/j.jtemb.2017.03.304.
10. Афанасьева А.И., Буц Н.Ю., Катаманов С.Г. Белковый состав сыворотки крови овец западно-сибирской мясной породы в зависимости от сезона рождения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 88(2). – С. 266–270.
11. Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, J.I. Fedyaev [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44, N 2. – P. 217–220.
12. Васильева С.В. Сравнительный анализ показателей белкового обмена у крупного и мелкого рогатого скота в лактационный период // Санкт-Повышение продукции животноводства на современном этапе: сб. науч. тр. по мат-м Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию каф. Частн. животноводства. – Витебск, 2022. – С. 263–264.
13. Коллегия евразийской экономической комиссии. Решение «Об утверждении единых ветеринарных (ветеринарно-санитарных) требований, предъявляемых к объектам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору)» от 13.02.2018. – № 27. – 20 с.
14. ГОСТ 10199–2017. Комбикорм-концентраты для овец и коз. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2020. – 12 с.
15. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках от 07.08.1987. – № 123-4/281-8. – 2 с.
16. ГОСТ 2761–84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 12 с.
17. СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. – М.: Минздрав России, 2011. – 59 с.
18. Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, M.A. Lebedeva, A.S. Cherevko [et al.] // Journal of pharmaceutical sciences and research. – 2017. – Vol. 9, N 4. – P. 368–337.
19. Content of 137 Cs and 90 Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezshko [et al.] // Russian Agricultural Sciences. – 2014. – Vol. 40, N 3. – P. 195–197.
20. Content of heavy metals in the hair / S.A. Patrashkov, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich, I.V. Petukhov // Journal De Physique. IV: JP. – Grenoble, 2003. – Vol. 107–102. – P. 1025–1027. – DOI: 10.1051/jp4:20030473.
21. Климанова Е.А., Александрова Д.А., Кочнев Н.Н. Полиморфизмы гена миостатина у животных (обзор) // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 2(71). – С. 209–219. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-71-2-209-219.
22. Полиморфизм гена миостатина (MSTN) у овец породы советский меринос / В.И. Трухачев, А.Ю. Криворучко, В.С. Скрипкин, О.А. Яцык // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – № 2(22). – С. 58–65.
23. 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. – Vol. 38, N 3. – P. 145.
24. Эффективность использования SNP-маркеров в гене MSTN в селекции кур пушкинской породы / Н.В. Дементьева, А.Б. Вахрамеев, Т.А. Ларкина, О.В. Митрофанова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – Т. 23, № 8. – С. 993–999.

25. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (*Ovis aries* L.). Сообщение I. Миостатин, кальпаин, кальпаистин / В.И. Трухачев, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, А.М.М. Айбазов // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 6. – С. 1107–1119.
26. *Correlations of some biochemical and hematological, parameters with polymorphisms in as1-casein and β -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed* / T.V. Konovalova, O.I. Sebezhko, O.S. Korotkevich [et al.] // *Proceedings of the International Symposium on Animal Science ISAS 2018*. – University of Belgrade, Serbia. – 2018. – P. 47.
27. Исаева Д.А., Короткевич О.С. Характеристика эдильбаевской породы овец Республики Казахстан // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет), 2021. – № 4(61). – С. 157–163.
28. Глазко В.И. Биохимическая генетика овец. – Новосибирск, 1985. – 168 с.
29. Борисов Д.Р. Белковый состав сыворотки крови овец, коз и свиней в период эмбрионального развития // Ветеринария Кубани. – 2014. – № 1. – С. 5.
30. 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 (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 4(57). – С. 82–87. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-82-87.
31. *Effect of age and gender on some blood biochemical parameters of apparently healthy small ruminants from Southern Punjab in Pakistan* / S. Kiran, A.M. Bhutta, B.A. Khan [et al.] // *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* – 2012. – № 2(4). – P. 304–306.
32. *Implications of breed, sexual dimorphism and age on aspartate aminotransferase (AST) levels in the blood serum of sheep managed under traditional extensive system* / G.O. Onasanya, A.S. Ayotunde, M.T. Sanni [et al.] // *J. Dairy. Vet. Anim. Res.* – 2017. – № 5(5). – P. 153–155.
33. Fielder S. Serum biochemical references ranges. Appendixes. Merck veterinary manual // Elsevier. – 2015.
34. Новгородова И.П., Иолчиев Б.С., Прытков Ю.А. Сравнительная характеристика биохимических показателей крови молодняка овец в зависимости от породы и возраста // Достижения науки и техники АПК, 2020. – Т. 34, № 5. – С. 69–72.
35. Влияние генотипа баранов-производителей романовской породы на аккумуляцию цинка в шерсти потомства / Л. Мингжун, Р.Т. Саурбаева, Л. Венронг [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 3(52). – С. 91–97. – DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-91-97.
36. Ассоциация генотипов В-лактоглобулина у овец романовской породы с гематологическими показателями крови / Е.А. Климанова, З.Т. Поповский, Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 4(61). – С. 126–136. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-61-4-126-136.
37. Влияние генотипа баранов-производителей на количество фрагментов хромосом в клетках потомства / В.А. Андреева, Л. Венронг, Л. Мингжун [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 4(53). – С. 23–31. – DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-23-31.
38. Патент № 2414124 С2. РФ. Способ получения высокопродуктивных производителей сельскохозяйственных животных / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков [и др.]. – № 2009122691/10; заявл. 15.06.2009; опубл. 20.03.2011. – 8 с.
39. Патент № 2270562 С2. РФ. Способ сохранения редких и исчезающих пород животных / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков [и др.]. – № 2004113866/13; заявл. 05.05.2004; опубл. 27.02.2006. – 8 с.
40. Патент № 2765236 С1. РФ. Способ оценки содержания меди в печени овец / Р.Т. Саурбаева, А.А. Андреева, Т.В. Коновалова [и др.]. – № 20211006117; заявл. 09.03.2021; опубл. 26.01.2022. – 8 с.

REFERENCES

1. Sebezhko 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., Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Osadchuk L.V., The romanov breed of sheep in Siberia, *Proceeding The 2nd World Conference on Sheep*, The International Society of Zoological Sciences, 2018, pp. 11–12.
2. Dement'eva T.A., Korotkevich O.S., *Praktikum po biologicheskoi khimii* (Practical training in biological chemistry), Novosibirsk: NGAU, 2011, 260 p.
3. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K., Gudilin I.I., Kulikova S.G., Korotkevich O.S., Dementiev 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., Nozdin G.A., *Problemy selekcii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Farm Animal Problems), Novosibirsk: Nauka, 1997, 283 p.
4. Kushnir A.V., Glazko V.I., Petukhov V.A., Dimov G., Storozhuk S.I., *Biologiya, genetika i selektsiya ovtsy* (Biology, genetics and sheep breeding), Novosibirsk: NGAU, 2010, 524 p.
5. Mikhailenko A.K., Ashikhmina E.V., *Sel'skokhozyaystvennyi zhurnal*, No. 2(1), 2012, pp. 132–135. (In Russ.)
6. Korotkevich O.S., Kostomakhin N.M., *Biokhimiya myasa* (Biochemistry of meat), Novosibirsk: NGAU, 2002, 62 p.

7. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Sokolov V.A., Dragavtsev V.A., *Ekologicheskaya genetika* (Ecological genetics), Novosibirsk: NGAU, 2011, 567 p.
8. Traisov B.B., Beishova I.S., Yuldashbaev Yu.A., *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, No. 2 (94), pp. 315–319. (In Russ.)
9. 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, pp. 74.
10. Afanas'eva A.I., Buts N.Yu., Katamanov S.G., *Vestnik Altaiskogo GAU*, 2012, No. 88(2), pp. 266–270. (In Russ.)
11. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I., Shishin N.I., Syso A.I., Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Osadchuk L.V., Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia), *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44, No. 2, pp. 217–220.
12. Vasil'eva S.V., *Povyshenie produktivnosti zhivotnovodstva na sovremennom etape* (Increasing livestock production at the present stage), Collection of scientific articles, Vitebsk, 2022, pp. 263–264. (In Russ.)
13. *Kollegiya evraziyskoi ekonomicheskoi komissii. Reshenie «Ob utverzhdenii edinykh veterinarnykh (veterinarno-sanitarnykh) trebovaniy, predyavlyayemykh k ob»ektam, podlezhashchim veterinarnomu kontrolyu (nadzoru)»* ot 13.02.2018, No. 27, 20 p. (In Russ.)
14. *GOST 10199–2017. Kombikorm-kontsentraty dlya ovets i koz*, Moscow: Standartinform, 2020, 12 p. (In Russ.)
15. *Vremennyy maksimal'no dopustimyy uroven' (MDU) sodержaniya nekotorykh khimicheskikh elementov i gossipola v kormakh dlya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormovykh dobavkakh*, No. 123-4/281-8, 2 p. (In Russ.)
16. *GOST 2761–84. Istochniki tsentralizovannogo khozyaystvenno-pit'evogo vodosnabzheniya. Gigienicheskie, tekhnicheskie trebovaniya i pravila vybora*, Moscow: Izd-vo standartov, 2009, 12 p. (In Russ.)
17. *SanPiN 2.1.4.1074–01. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva. Gigienicheskie trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti sistem goryachego vodosnabzheniya*, Moscow: Minzdrav Rossii, 2011, 59 p. (In Russ.)
18. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cherevko A.S., Petukhov V.L., Sebezshko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Kamaldinov E.V., Sokolov V.A., Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368–374.
19. Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezshko O.I., Barinov Ye.Ya., Konovalova T.V., Content of 137 Cs and 90 Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia, *Russian Agricultural Sciences*, 2014, Vol. 40, No. 3, pp. 195–197.
20. Patrashkov S.A., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Petukhov I.V., Content of heavy metals in the hair, *Journal De Physique*, Vol. 107–102, pp. 1025–1027.
21. Klimanova E.A., Aleksandrova D.A., Kochnev N.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2024, No. 2(71), pp. 209–219. (In Russ.)
22. Trukhachev V.I., Krivoruchko A.Yu., Skripkin V.S., Yatsyk O.A., *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2016, No. 2(22), pp. 58–65. (In Russ.)
23. 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, Vol. 38, No. 3, 145 p.
24. Dement'eva N.V., Vakhrameev A.B., Larkina T.A., Mitrofanova O.V., *Vavilovskii zhurnal genetiki i elektzii*, 2019, T. 23, No. 8, pp. 993–999. (In Russ.)
25. Trukhachev V.I., Selionova M.I., Krivoruchko A.Yu., Aibazov A.M.M., *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2018, T. 53, No. 6, pp. 1107–1119. (In Russ.)
26. Konovalova T.V., Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., Correlations of some biochemical and hematological, parameters with polymorphisms in as1-casein and β -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed, *Proceedings of the International Symposium on animal science*, 2018, 47 p.
27. Isaeva D.A., Korotkevich O.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2021, No. 4(61), pp. 157–163. (In Russ.)
28. Glazko V.I., *Biokhimicheskaya genetika ovets* (Biochemical genetics of sheep), Novosibirsk, 1985, 168 p. (In Russ.)
29. Borisov D.R., *Veterinariya Kubani*, 2014, No. 1, pp. 5. (In Russ.)
30. Klimanova E. A., Konovalova T.V., Andreeva V.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Nazarenko Yu.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2020, No. 4(57), pp. 82–87. (In Russ.)
31. Kiran S., Bhutta A.M., Khan B.A., Durrani S., Ali M., Ali M., Iqbal F., Effect of age and gender on some blood biochemical parameters of apparently healthy small ruminants from Southern Punjab in Pakistan, *Asian Pacific Journal Tropical Biomedicine*, 2012, No. 2(4), pp. 304–306.
32. Onasanya G.O., Ayotunde A.S., Sanni M.T., Wheto M., Lkeobi C.O.N., Decampos J.S., Oni A., Implications of breed, sexual dimorphism and age on aspartate aminotransferase (AST) levels in the blood serum of sheep managed under traditional extensive system, *Journal of Dairy, Veterenary and Animal Research*, 2017, No. 5(5), pp. 153–155.
33. Fielder S., Serum biochemical references ranges. Appendixes. Merck veterinary manual, Elsevier, 2015.

34. Novgorodova I.P., Iolchiev B.S., Prytkov Yu.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, T. 34, No. 5, pp. 69–72. (In Russ.)
35. Mingzhun L., Saurbaeva R.T., Venrong L., Sebezsko O.I., Andreeva V.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2019, No. 3(52), pp. 91–97. (In Russ.)
36. Klimanova E.A., Popovskii Z.T., Konovalova T.V., Tarasenko E.I., Korotkevich O.S., Sebezsko O.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2021, No. 4(61), pp. 126–136. (In Russ.)
37. Andreeva V.A., Venrong L., Mingzhun L., Saurbaeva R.T., Konovalova T.V., Klimanova E.A., Sebezsko O.I., Nazarenko A.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2019, No. 4(53), pp. 23–31. (In Russ.)
38. *Patent № 2414124 C2. RF*, Sposob polucheniya vysokoproduktivnykh proizvoditelei sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh, Petukhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Fridcher A.A., Ledeneva O.Yu., Zhigachev A.I., Petukhova T.V., Adushinov D.S., Klimenok I.I., No. 2009122691/10; zayavl. 15.06.2009; opubl. 20.03.2011, 8 p. (In Russ.)
39. *Patent № 2004113866/13 RF*, Sposob sokhraneniya redkikh i ischezayushchikh porod zhivotnykh, Petukhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., Gart V.V., Zheltikova O.A., Petukhov I.V., Gart E.V., Marenkov V.G., Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Chysyma R.B., No. 2270562, 2004, zayavl. 05.05.2004, opubl. 27.02.2006, 8 p. (In Russ.)
40. *Patent № 2765236 SI. RF*, Sposob otsenki sodержaniya medi v pecheni ovets, Saurbaeva R.T., Andreeva A.A., Konovalova T.V., Sebezsko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Tarasenko E.I., Petukhova E.I., Nazarenko A.V., No. 20211006117; zayavl. 09.03.2021; opubl. 26.01.2022, 8 p. (In Russ.)

Информация об авторах:

Т.В. Коновалова, старший преподаватель
 Е.А. Климанова, научный сотрудник
 А.В. Назаренко, научный сотрудник
 Е.И. Тарасенко, аспирант
 О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

Contribution of the authors:

T.V. Konovalova, senior lecturer
 E.A. Klimanova, researcher
 A.V. Nazarenko, researcher
 E.I. Tarasenko, graduate student
 O.I. Sebezsko, PhD in Biological Sciences, associate professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.