
ЗООТЕХНИКА, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Влияние генотипа производителей и генофонда
пород крупного рогатого скота на устойчивость семени
к криоконсервации**

**Александр Исаевич Желтиков¹, Татьяна Валерьевна Коновалова¹,
Николай Михайлович Костомахин^{2✉},
Ольга Сергеевна Короткевич¹, Ольга Игоревна Себежко¹,
Валерий Лаврентьевич Петухов¹, Мария Валерьевна Стрижкова¹**

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Россия

²Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** kostomakhin@rgau-msha.ru

Аннотация

Дана характеристика быков-производителей красно-пестрой, красной степной и черно-пестрой пород крупного рогатого скота ОАО Племпредприятие «Барнаульское» (Алтайский край) по качеству спермопродукции и устойчивости ее к замораживанию. До консервации спермы исследовано 50388 эякулятов, в том числе 38333 – замороженных. Влияние быков-производителей проведено по 1716 эякуляторам. У производителей черно-пестрой породы выбраковка спермопродукции до криоконсервации была наибольшей и составила 31%. По этому показателю они превосходили быков остальных двух пород на 9–18,2 абс.% ($p < 0,001$). Разность между породами по частоте выбракованных эякулятов после размораживания была значительно ниже. Однако она достоверна между быками красной степной породы, с одной стороны, и двумя другими группами – с другой ($p < 0,001$), составив 1,6 и 2,0 абс.%. Между отдельными быками красной степной породы были выявлены более значимые различия по количеству выбракованных эякулятов до криоконсервации, чем между породами, и максимальная разность достигала 31,9%. Установлена отрицательная ранговая корреляция ($r = -0,90$) между объемом одного эякулятора и выбраковкой эякулятов до замораживания. Не выявлена достоверная разность между быками красной степной породы по частоте выбраковки их эякулятов после размораживания. Таким образом, показано влияние генотипа быков-производителей и генофонда пород на устойчивость семени к криоконсервации.

Ключевые слова

Красная степная порода, красная пестрая порода, черно-пестрая порода, бык-производитель, эякулят, сперма, спермопродукция, биопродукция, криоконсервация

Для цитирования

Желтиков А.И., Коновалова Т.В., Костомахин Н.М., Короткевич О.С. и др. Влияние генотипа производителей и генофонда пород крупного рогатого скота на устойчивость семени к криоконсервации // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 139–150.

Influence of sire genotype and cattle breed gene pool on sperm cryosurvival

**Alexander I. Zheltikov¹, Tatyana V. Konovalova¹,
Nikolay M. Kostomakhin²✉, Olga S. Korotkevich¹, Olga I. Sebezhko¹,
Valeriy L. Petukhov¹, Maria V. Strizhkova¹**

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉Corresponding author: kostomakhin@rgau-msha.ru

Abstract

This study characterized sires of Red-and-White, Black-and-White, and Red Steppe cattle breeds at JSC Barnaul Bull Stud Enterprise (Altai Krai, Russia) in terms of sperm production quality and resistance to freezing. A total of 50,388 ejaculates were examined before cryopreservation, including 38,333 that were frozen. The influence of individual sires was assessed on 1,716 ejaculates. Sires of the Black-and-White breed had the highest rate (31%) of sperm culling before cryopreservation. This rate was 9–18.2 percentage points higher than sires of the other two breeds ($p < 0.001$). The difference in frequency of ejaculates culled after thawing was significantly lower between the breeds. However, a significant difference existed between sires of the Red Steppe breed and the other two breeds ($p < 0.001$), with the Red Steppe breed having 1.6 and 2.0 percentage points lower culling rates. More significant differences in the frequency of ejaculates culled before cryopreservation were observed between individual sires within the Red Steppe breed than between breeds, with a maximum difference of 31.9%. A strong negative rank correlation ($r = -0.90$) was found between ejaculate volume and culling before freezing. There was no significant difference between the sires of Red Steppe breed in the frequency of culling ejaculates after thawing. Thus, this study demonstrates the influence of sire genotype and breed gene pool on sperm cryosurvival.

Keywords

Red Steppe breed, Red-and-White breed, Black-and-White breed, sire, ejaculate, sperm, sperm production, bioproduction, cryopreservation

For citation

Zheltikov A.I., Konovalova T.V., Kostomakhin N.M., Korotkevich O.S. et al. Influence of sire genotype and cattle breed gene pool on sperm cryosurvival. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 3. P. 139–150.

Введение

Introduction

В Сибири проводятся комплексные исследования генофонда и фенофонда разных пород и видов сельскохозяйственных животных. При этом особое место занимает проблема повышения генетической устойчивости животных к болезням [1–4]. При характеристике интерьера все большее значение придается вопросам изучения уровня химических элементов в органах и тканях, что является важным для производства экологически безопасных продуктов питания [5–9]. На протяжении более 40 лет в России осуществляется масштабная работа по созданию новых пород и типов крупного рогатого скота. В Западной и Восточной Сибири созданы порода сибирячка и типы: ирменский, приобский, красноярский и прибайкальский – в черно-пестрой

породе путем скрещивания коров последней породы с голштинскими черно-пестрыми быками [10–16].

В Красноярском крае и в ряде регионов Поволжья созданы красно-пестрая порода и енисейский тип в результате скрещивания симментальских коров с красно-пестрыми голштинскими производителями [17, 18]. В хозяйствах Алтайского края и Омской области значительно усовершенствована отечественная красная степная порода путем скрещивания с быками-производителями красной датской, англеской и красно-пестрой голштинской пород. В результате этой работы созданы кулундинский и сибирский внутривидовые типы [19–24]. В скотоводстве с целью повышения продуктивности большое внимание уделяется воспроизводству стада, которое в значительной мере зависит от качества спермопродукции. В производственных условиях главными показателями отбора эякулятов для криоконсервации являются активность и концентрация сперматозоидов. Эякуляты, не отвечающие принятым стандартам, подвергаются выбраковке [25–27].

Цель исследований: сравнить черно-пеструю, красно-пеструю, красную степную породы и отдельных быков-производителей красной степной породы по пригодности их спермы к криоконсервации.

Методика исследований

Research method

Исследования проведены в ОАО Племпредприятие «Барнаульское» (Алтайский край, г.о. город Барнаул, р.п. Южный) на быках красной степной, черно-пестрой и красно-пестрой пород. В среднем по каждой породе и по 5 быкам красной степной проведена оценка производителей по количеству полученных от них эякулятов, а также выбракованных до замораживания и после криоконсервации. До криоконсервации исследовано 50388 эякулятов. Проанализированы данные по 38333 замороженным эякулятам. Влияние генотипа быков-производителей красной степной породы изучено по сведениям о 1716 эякулятах. В зоне разведения пород крупного рогатого скота проводился мониторинг почвы, воды, кормов на содержание тяжелых металлов, уровень которых не превышал ПДК [28, 29]. Обработку результатов исследований производили с использованием общепринятых генетико-математических методов с помощью пакета программ Microsoft Office Excel 2019.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В таблице 1 приведена оценка быков-производителей красной степной, черно-пестрой и красно-пестрой пород по количеству эякулятов, непригодных для замораживания. Число производителей изученных пород варьировало от 45 до 76 гол., количество полученных эякулятов – от 9180 до 20824 шт., а в расчете на одного быка – от 204 до 283 шт. Максимальное количество эякулятов, выбракованных до замораживания, установлено у производителей черно-пестрой породы (30,95%), минимальное (12,76%) – у красной степной породы. Количество выбракованных эякулятов у производителей черно-пестрой породы было в 2,4 раза больше ($p < 0,001$), чем у животных красной степной породы. Выбраковка эякулятов у быков красно-пестрой породы была выше, чем у красной степной, в 1,7 раза ($p < 0,001$). По числу выбракованных эякулятов породы распределяются в следующем порядке: черно-пестрая > красно-пестрая > красная степная в соотношении 2,4:1,7:1. В условиях Алтайского края наилучшее качество эякулятов было получено у производителей красной степной породы.

Таблица 1

Влияние породы быков на выбраковку эякулятов до замораживания

Table 1

Influence of sire breed on ejaculate culling before freezing

Порода	Число быков, гол.	Количество эякулятов			
		от одного быка	всего	выбраковано до замораживания	
				шт.	%±Sp
Красная степная	45	204	9180	1171	12,76±0,35
Красно-пестрая	72	283	20376	4430	21,74±0,29
Черно-пестрая	76	274	20824	6446	30,95±0,32
Всего	193	761	50388	12047	23,91±0,19

Принимая во внимание то, что быки красной степной, красно-пестрой и черно-пестрой пород содержались и эксплуатировались в одинаковых условиях, можно говорить о роли наследственности в проявлении данного признака. Следовательно, концентрация и активность сперматозоидов, по которым проводится выбраковка эякулятов до криоконсервации, в значительной степени зависит от породной принадлежности быков.

Влияние породы на частоту выбраковки эякулятов после размораживания выражено менее значимо по сравнению с показателем до криоконсервации. Из данных таблицы 2 следует, что выбраковка эякулятов у производителей черно-пестрой породы была в 2,2 раза выше, чем у красных степных быков.

Таблица 2

Влияние породы быков на выбраковку эякулятов после размораживания

Table 2

Influence of sire breed on ejaculate culling after thawing

Порода	Число быков, гол.	Количество эякулятов		
		замороженных	выбракованных после размораживания	
			шт.	%±Sp
Красная степная	45	8009	135	1,69±0,14
Красно-пестрая	72	15946	520	3,26±0,14
Черно-пестрая	76	14378	527	3,66±0,16
Всего	193	38333	1182	3,11±0,09

Производители красной степной породы также имели большую устойчивость к замораживанию гамет по сравнению с быками красно-пестрой породы. Разность между этими породами была достоверной ($p < 0,001$) и составила 1,6%. Не выявлена достоверная разность по этому показателю между красно-пестрыми и черно-пестрыми быками. По устойчивости эякулята к криоконсервации породы ранжировались следующим образом: красная степная > красно-пестрая > черно-пестрая в соотношении 1:1,9:2,2. Большая выбраковка эякулятов быков черно-пестрой и красно-пестрой уравнивает в какой-то степени их качества с быками красной степной породы. Но несмотря на это, большее количество выбракованных эякулятов отмечено у животных этих пород.

Оценка 5 быков красной степной породы по частоте непригодных для замораживания эякулятов показала большее их разнообразие по сравнению с межпородной изменчивостью (табл. 3). Так, количество эякулятов, выбракованных до проведения криоконсервации, варьировало от 1,14% у быка-производителя Индекса 2671 до 33,07% у Красавчика 5853, что выше в 29 раз.

Последний бык-производитель достоверно превышал остальных на 12,85–31,93 абс.% ($p < 0,01–0,001$). Разность между всеми остальными 4 производителями (6 вариантов) по количеству выбракованных эякулятов достоверна ($p < 0,05–0,001$). Она изменялась от 2,11 абс.% между быками Циник 7145 и Индекс 2651 до 19,08 абс.% между Весенним 5077 и Индексом 2651.

Наблюдается тенденция ассоциации между частотой выбракованных эякулятов и их объемом. При уменьшении объема эякулята увеличивается частота их выбраковки. Так, у быков Красавчик 5853 и Весенний 5077 при объеме эякулята менее 3,0 мл частота их выбраковки превысила 30%, у остальных 3 производителей объем эякулята был более 5,0 мл, а частота выбраковки составила 8,06% и ниже. Коэффициент ранговой корреляции по Спирмену между объемом одного эякулята и их выбраковкой до замораживания составил 0,90.

Таблица 3

**Частота выбраковки эякулятов до криоконсервации
у отдельных быков красной степной породы**

Table3

**Frequency of ejaculate culling before cryopreservation
in individual sires of Red Steppe breed**

Кличка, № быка	Количество эякулятов			Объем одного эякулята, мл
	всего	выбраковано до криоконсервации		
		шт.	%±Sp	
Красавчик 5853	127	42	33,07±4,17	2,91
Весенний 5077	623	126	20,22±1,61	4,59
Лось 4722	211	17	8,06±1,88	5,11
Циник 7145	492	16	3,25±0,80	5,88
Индекс 2671	263	3	1,14±0,65	5,69
Всего	1716	204	12,0±0,78	5,07

После размораживания вся биопродукция быков Лось 4722, Циник 7145 и Индекс 2671 была пригодна для осеменения маточного поголовья (табл. 4).

У Красавчика 5853 и Весеннего 5077 было выбраковано соответственно 3,53 и 0,60% эякулятов. Достоверные различия по этому показателю между изученными быками-производителями красной степной породы не установлены. Однако в других наших исследованиях достоверная разность по частоте выбракованных эякулятов между производителями после размораживания достигала 7,09 абс. %.

Проведенные исследования показали достаточно высокую точность оценки качества спермопродукции быков по частоте эякулятов, пригодных для криоконсервации, однако окончательную оценку более целесообразно проводить после размораживания спермы.

Таблица 4

**Количество выбракованных эякулятов после размораживания
у отдельных быков красной степной породы**

Table 4

Number of culled ejaculates after thawing in individual sires of Red Steppe breed

Кличка, № быка	Количество эякулятов		
	замороженных	выбракованных после размораживания	
		шт.	%±Sp
Красавчик 5853	85	3	3,53±2,00
Весенний 5077	497	3	0,60±0,35
Лось 4722	194	0	0±0,72
Циник 7145	476	0	0±0,47
Индекс 2671	260	0	0±0,62
Всего	1512	6	0,40±0,16

Выводы

Conclusions

Таким образом, быки черно-пестрой, красно-пестрой и красной степной пород в ОАО Племпредприятие «Барнаульское» различались по качеству спермопродукции. У производителей красной степной породы оно было выше, чем у быков двух других пород, при выведении и совершенствовании которых принимала участие голштинская порода. Количество выбракованных до замораживания эякулятов у красных степных быков составляло 12,76%, что на 8,98–18,19% меньше по сравнению с красно-пестрыми и черно-пестрыми породами производителей. Выявлено более высокое разнообразие по частоте выбракованных до криоконсервации эякулятов у производителей красной степной породы по сравнению с межпородными различиями. Этот показатель изменялся от 1,14% у быка Индекс 2671 до 33,07% у Красавчика 5853. Установлено влияние быков-производителей и генофонда пород на устойчивость семени

к криоконсервации. После размораживания вся биопродукция быков Лося 4722, Цинка 7145 и Индекса 2671 была пригодна для искусственного осеменения маточного поголовья. У двух остальных быков количество выбракованных эякулятов составило 0,60 и 3,53% соответственно.

Список источников

1. Четвертакова Е.В. *Научно-практическое обоснование методов контроля при совершенствовании генофонда крупного рогатого скота Красноярского края*: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Красноярск, 2015. 31 с. EDN: TPWQKR
2. Кочнев Н.Н. Эколого-генетические аспекты повышения устойчивости крупного рогатого скота к болезням // *XX Международная научно-практическая конференция «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии»*. Краснообск: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, 2017. С. 219–221. EDN: ZRPOVR
3. Четвертакова Е.В., Алексеева Е.А., Назарченко О.В. и др. Устойчивость крупного рогатого скота Красноярского края к наследственно-средовым болезням в условиях промышленной технологии // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 12 (177). С. 219–226. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-219-226>
4. Еремина И.Ю., Четвертакова Е.В. Генетический мониторинг: анализ причин выбытия быков-производителей // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 11 (188). С. 175–180. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-11-131-137>
5. Зайко О.А. *Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2014. 20 с. EDN: ZPPQIP
6. Trukhachev V.I., Oleinik S.A., Zlydnev N.Z., Morozov V.Yu. Adaptation of the Recommendations of the International Committee for Animal Recording (Icar) in Evaluating the Quality of Milk. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2015;6(6):1317-1320. EDN: UWNRFR
7. Нарожных К.Н. Модели прогнозирования уровня цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. № 1. С. 89–103. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-89-103>
8. Нарожных К.Н. Особенности аккумуляции и распределения тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота // *Достижения науки и техники АПК*. 2024. Т. 38, № 4. С. 57–62. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_4_57
9. Нарожных К.Н. Апробация прижизненного метода оценки уровня железа в мышечной ткани крупного рогатого скота // *Зоотехния*. 2024. № 8. С. 37–40. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.80.64.009>
10. Крупный рогатый скот (*Bosprimigenius*Vojanus) Сибирячка: Патент на селекционное достижение 9498 (Российская Федерация), 2018 / Д.С. Адушинов, Х.А. Амерханов, Е.А. Берш и др. EDN: YWQLPM
11. Голубков А.И., Луценко А.Е. Состояние и перспективы развития внутрипородного типа «Красноярский» черно-пестрой породы // *Вестник КрасГАУ*. 2016. № 1 (112). С. 134–140. EDN: VPMNFN
12. Адушинов А.Д., Адушинов Д.С., Гармаев М.Л. и др. Оценка экстерьера коров Прибайкальского типа черно-пестрой породы // *Вестник ИрГСХА*. 2016. № 76. С. 113–120. EDN: WZZJBR
13. Лефлер Т.Ф., Четвертакова Е.В., Шадрин С.В. и др. Племенное дело в развитии животноводства Красноярского края // *Вестник КрасГАУ*. 2017. № 12 (135). С. 44–50. EDN: YNHIUC

14. Яранцева С.Б., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А. Новая порода крупного рогатого скота молочного направления Сибирячка // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49, № 6. С. 62–70. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-6-7>
15. Kostomakhin N., Tseiko L., Kostomakhin M. Reproductive and Productive Traits of Cows of Holstein Breed Depending on the Level of Inbreeding. *BIO Web of Conferences*. 2024;113:01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301009>
16. Дуров А.С., Деева В.С. Сравнительная оценка селекционных групп по удою полновозрастных коров различных пород // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2020. № 2 (28). С. 71–78. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2020-28-2-71-79>
17. Голубков А.И., Лефлер Т.Ф. Создание внутрипородного типа «Енисейский» красно-пестрой породы // *Вестник КрасГАУ*. 2016. № 1 (112). С. 173–180. EDN: VPMNIF
18. Пеллинен А.В., Голубков А.И., Голубков А.А. и др. Эффективность разведения крупного рогатого скота енисейского типа красно-пестрой породы в ПЗ АО «Солгон» // *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 6 (149). С. 114–122. EDN: SMNNEN
19. Букаров Н.Г., Князева Т.А., Новиков А.А. и др. Мониторинг генетической структуры красно-пестрой породы и красных пород в племенных стадах // *Молочное и мясное скотоводство*. 2016. № 1. С. 22–25. EDN: WJVIEF
20. Князева Т.А., Чекменева Н.Ю. О достижениях и задачах селекционного центра по совершенствованию красных пород скота // *Генетика и разведение животных*. 2016. № 1. С. 22–25. EDN: VOWFGL
21. Князева Т.А., Чекменева Н.Ю. Совершенствование генеалогической структуры и линий родственных групп красных молочных пород // *Зоотехния*. 2017. № 2. С. 12–13. EDN: XXVUWP
22. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Калашникова Л.А. и др. Генофонд пород молочного скота в России: состояние, перспективы сохранения и использования // *Зоотехния*. 2019. № 5. С. 2–9. <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.18.21.001>
23. Дуров А.С., Деева В.С. Селекционные и производственные группы полновозрастных коров красной степной породы // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2019. № 3 (25). С. 27–36. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-25-3-27-36>
24. Желтиков А., Костомахин Н., Венедиктова О. и др. Молочная продуктивность коров-первотелок голштинской и симментальской пород в условиях Новосибирской области // *Главный зоотехник*. 2017. № 2. С. 23–30. EDN: XVGIKL
25. Романова Д.О., Рудишина Н.М. Сравнительная оценка спермопродукции быков черно-пестрой породы // *Наука и инновации: векторы развития: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых*. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. С. 181–183. EDN: SJDSLZ
26. Четвертакова Е.В., Луценко А.Е. Спермопродукция быков как показатель их адаптационной способности // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 6 (159). С. 144–149. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-144-149>
27. Желтиков А.И., Коновалова Т.В., Себежко О.И. и др. Качество спермы быков красных пород ОАО Племпредприятие «Барнаульское» и устойчивость ее к криоконсервации // *Вестник НГАУ*. 2021. № 1 (58). С. 92–100. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-92-100>
28. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cheevkova A.S. et al. Ecological and Biochemical Evaluation of Elements Content in Soils and Fodder Grasses of the Agricultural Lands of Siberia. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017;9(4):368-374. EDN: XNFCSM

29. Kostomakhin N., Tseiko L., Kostomakhin M. Experience and Prospects of the Use of Precision Livestock Farming in the Russian Federation. *BIO Web of Conferences*. 2024;113:02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411302001>

References

1. Chetvertakova E.V. *Scientific and practical substantiation of control methods in improving the gene pool of cattle in Krasnoyarsk Krai*: DSc (Ag) thesis. Krasnoyarsk, Russia, 2015:31. (In Russ.)
2. Kochnev N.N. Ecological and genetic aspects of increasing cattle resistance to diseases. *XX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Agrarnaya nauka – selskokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii'*. October 04-06, 2017. Krasnoobsk, Russia: Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017:219-221. (In Russ.)
3. Chetvertakova E.V., Alekseeva E.A., Nazarchenko O.V., Lushchenko A.E. et al. Cattle resistance of the krasnoyarsk region to hereditary-environmental diseases under industrial technology. *Bulletin of KSAU*. 2021;(12(177)):219-226. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-219-226>
4. Eremina I.Yu., Chetvertakova E.V. Genetic monitoring: the bulls retirement reasons analysis. *Bulletin of KSAU*. 2022;(11(188)):175-180. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-11-131-137>
5. Zaiko O.A. *Variability and correlation of chemical elements in organs and tissues of pigs of the early maturing meat breed SM-1*: CSc (Bio) thesis. Novosibirsk, Russia, 2014:20. (In Russ.)
6. Trukhachev V.I., Oleynik S.A., Zlydnev N.Z., Morozov V.Yu. Adaptation of the Recommendations of the International Committee for Animal Recording (Icar) in Evaluating the Quality of Milk. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2015;6(6):1317-1320.
7. Narozhnykh K.N. Models for predicting the level of zinc in the muscle tissue of cattle. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2023;(1):89-103. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-89-103>
8. Narozhnykh K.N. Features of the accumulation and distribution of heavy metals in the organs and tissues of hereford cattle. *Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*. 2024;38(4.):57-62. (In Russ.) https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_4_57
9. Narozhnykh K.N. Field testing of a lifelong method for assessing iron levels in skeletal muscle tissue of cattle. *Zootekhnika*. 2024;(8):37-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.80.64.009>
10. Patent for selection achievement 9498 (Russian Federation). Cattle (*Bos primigenius* Bojanus) Sibiryachka. Adushin D.S., Amerkhanov Kh.A., Bersh E.A., Vostrikov V.F. et al., 2018. (In Russ.)
11. Golubkov A.I., Lushchenko A.E. Status and development prospects of the intra-breed type “Krasnoyarsk” of the Black-and-White breed. *Bulletin of KSAU*. 2016;(1(112)):134-140. (In Russ.)
12. Adushinov A.D., Adushinos D.S., Garmaev M.L., Istomin A.S. evaluation of the exterior of Baikal type cows of black and white breed. *Vestnik IrGSHA*. 2016;(76):113-120. (In Russ.)
13. Lefler T.F., Chetvertakova E.V., Shadrin S.V., Stroganova I.Ya. Breeding in animal husbandry development of Krasnoyarsk Region. *Bulletin of KSAU*. 2017;(12(135)):44-50. (In Russ.)

14. Yarantseva S.B., Shishkina M.A., Gerasimchuk L.D. new breed of dairy cattle Sibiriyachka. *Siberian Herald Of Agricultural Science*. 2019;49(6):62-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-6-7>
15. Kostomakhin N., Tseiko L., Kostomakhin M. Reproductive and Productive Traits of Cows of Holstein Breed Depending on the Level of Inbreeding. *BIO Web of Conferences*. 2024;113:01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301009>
16. Durov A.S., Deeva V.S. Comparative evaluation of selections groups for milking of full-age cows of various breeds. *Innovations and Food Safety*. 2020;(2):71-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2020-28-2-71-79>
17. Golubkov A.I., Lefler T.F. Creation of the intra-breed type “Enisey” of the Red-and-White breed. *Bulletin of KSAU*. 2016;(1(112)):173-180. (In Russ.)
18. Pellinen A.V., Golubkov A.I., Golubkov A.A., Lefler V.K., et al. The efficiency of breeding of cattle of the Yenisei type of red and motley breed in BF JSC “Solgon”. *Bulletin of KSAU*. 2019;(6(149)):114-122. (In Russ.)
19. Bukarov N.G., Knyazeva T.A., Novikov A.A., Chrunova A.I. et al. The genetic structure monitoring of red and white breed and red breeds in breeding herds. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2016;(1):22-25. (In Russ.)
20. Kniazeva T.A., Chekmeneva N.U. Goals of breeding centre for improving of red breeds. *Genetika i razvedenie zhivotnykh*. 2016;(1):22-25. (In Russ.)
21. Knyazeva T.A., Chekmeneva N.U. Improvement genealogical structure of red dairy breeds. *Zootekhniya*. 2017;(2)12-13. (In Russ.)
22. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Kalashnikova L.A., Mescherov R.K. et al. Genefund of dairy cattle breeds of domestic selection: preservation and use perspectives. *Zootekhniya*. 2019;(5):2-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.18.21.001>
23. Durov A.S., Deeva V.S. Breeding and industrial groups of full-aging cows of red step breed. *Innovations and Food Safety*. 2019;(3):27-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-25-3-27-36>
24. Zheltikov A., Kostomakhin N., Venediktova O., Zaiko O. et al. Milk productivity of the first-calf heifers of Holstein and Simmental breeds in environment of the Novosibirsk Region. *Glavniy zootechnik*. 2017;(2):23-30. (In Russ.)
25. Romanova D.O., Rudishina N.M. Comparative assessment of sperm production of black-and-white bulls. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh ‘Nauka i innovatsii: vektory razvitiya’*. October 24-25, 2018. Barnaul, Russia: Altai State Agricultural University, 2018:181-183. (In Russ.)
26. Chetvertakova E.V., Lushchenko A.E. Sperm production of bulls as an indicator of their adaptive ability. *Bulletin of KSAU*. 2020;(6(159)):144-149. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-144-149>
27. Zheltikov A.I., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Ilyin V.V. et al. The quality of the sperm of red breeds bulls of OAO Barnaulskoe breeding enterprise and its resistance to cryopreservation. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021;(1):92-100. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-92-100>
28. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cheevkova A.S. et al. Ecological and Biochemical Evaluation of Elements Content in Soils and Fodder Grasses of the Agricultural Lands of Siberia. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017;9(4):368-374.
29. Kostomakhin N., Tseiko L., Kostomakhin M. Experience and Prospects of the Use of Precision Livestock Farming in the Russian Federation. *BIO Web of Conferences*. 2024;113:02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411302001>

Сведения об авторах

Александр Исаевич Желтиков, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: razvedenie@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-8415-7514>

Татьяна Валерьевна Коновалова, старший преподаватель кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: tapetva@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3758-7410>

Николай Михайлович Костомахин, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры молочного и мясного скотоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: kostomakhin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3987-0372>

Ольга Сергеевна Короткевич, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова 160; e-mail: okorotkevich@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2973-5110>

Ольга Игоревна Себежко, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: sebezkhoolga@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0976-8166>

Валерий Лаврентьевич Петухов, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: vet-gen-dep@nsau.edu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5578-1188>

Мария Валерьевна Стрижкова, канд. биол. наук, доцент кафедры терапии, хирургии и акушерства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: mvstrizhkova@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-4715-4883>

Information about the authors

Alexander I. Zheltikov, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: razvedenie@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-8415-7514>

Tatyana V. Konovalova, Senior Lecturer at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: tapetva@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3758-7410>

Nikolay M. Kostomakhin, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: kostomakhin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3987-0372>

Olga S. Korotkevich, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: okorotkevich@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2973-5110>

Olga I. Sebezhko, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: sebezkhoolga@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0976-8166>

Valeriy L. Petukhov, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: vet-gen-dep@nsau.edu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5578-1188>

Maria V. Strizhkova, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Therapy, Surgery and Obstetrics, Novosibirsk State Agrarian University; 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; e-mail: mvstrizhkova@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-4715-4883>