

УДК 636.2.033

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-73-79

И.В. Миронова<sup>1,2</sup>О.А. Завьялов<sup>2</sup>А.Н. Фролов<sup>2</sup>А.А. Слинкин<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup>Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия<sup>2</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

✉ s-artemk@yandex.ru

Поступила в редакцию: 25.09.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Миронова И.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н., Слинкин А.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-73-79

Irina V. Mironova<sup>1</sup>Oleg A. Zavyalov<sup>2</sup>Alexey N. Frolov<sup>2</sup>Artem A. Slinkin<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia<sup>2</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS, Orenburg, Russia

✉ s-artemk@yandex.ru

Received by the editorial office: 25.09.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Mironova I.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Slinkin A.A.

## Исследование влияния гормонального статуса на продуктивные качества бычков герефордской породы КРС

### РЕЗЮМЕ

Повышение продуктивных качеств мясного скота является важным направлением развития животноводства в Российской Федерации. Гормональный статус сельскохозяйственных животных играет немаловажную роль в развитии их продуктивных и воспроизводительных качеств.

В настоящем исследовании приведены данные о продуктивных качествах бычков герефордской породы КРС в зависимости от их гормонального статуса. Для оценки гормонального статуса животных можно использовать их волосы. Содержание эстрадиола в волосах позволило разделить животных на группы, различные по концентрации данного гормона, и дать оценку продуктивным качествам бычков в разрезе такого деления. Каждая группа животных находилась под пристальным наблюдением. Контролировались живая масса и ее среднесуточный прирост. Установлено, что скорость роста живой массы бычков была выше у групп с высокими референтными значениями содержания гормона в волосах. После убоя были определены морфологический и химический состав туш подопытных животных. На основании многофакторного анализа определена информативность выщипа шерсти в качестве биосубстрата для оценки гормонального статуса мясных бычков.

**Ключевые слова:** гормональный статус, бычки герефордской породы, эстрадиол, продуктивные качества

**Для цитирования:** Миронова И.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н., Слинкин А.А. Исследование влияния гормонального статуса на продуктивные качества бычков герефордской породы КРС. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 73–79. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-73-79>

## Research of influence of hormonal status on productive qualities of bulls of Hereford cattle breed

### ABSTRACT

Improvement of productive qualities of beef cattle is an important direction of livestock breeding development in the Russian Federation. The hormonal status of farm animals plays an important role in the development of their productive and reproductive qualities.

The present study provides data on productive qualities of Hereford cattle steers depending on their hormonal status. To assess the hormonal status of animals, their hair can be used. The content of estradiol in hair allowed to divide animals into groups, different in concentration of this hormone and to give an estimation of productive qualities of bulls in the context of such division. Each group of animals was closely monitored. Live weight and its average daily gain were controlled. It was found that the growth rate of live weight of steers was higher in groups with high reference values of hormone content in hair. After slaughtering the morphological and chemical composition of carcasses of experimental animals was determined. On the basis of multivariate analysis the informativeness of hair as a biosubstrate for estimation of hormonal status of beef steers was determined.

**Key words:** hormonal status, Gerefod bulls, estradiol, productive qualities

**For citation:** Mironova I.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Slinkin A.A. Research of influence of hormonal status on productive qualities of bulls of Hereford cattle breed. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 73–79 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-73-79>

## Введение/Introduction

Дисбаланс гормонов представляет собой значительную проблему для животных в сельском хозяйстве, негативно влияя на их продуктивность и воспроизводительные способности. Одним из полезных биомаркеров для оценки гормонального состояния животных являются волосы [1].

Практика оценки гормонального статуса крупного рогатого скота по содержанию гормонов в волосе пока не получила широкого распространения в животноводстве. Анализ литературных данных показал, что практически весь материал, опубликованный в научных статьях как отечественных, так и зарубежных авторов, ограничивается отдельными исследованиями по оценке концентрации единственного гормона — кортизола — во взаимосвязи с уровнем стресса и физиологическими параметрами организма коров молочного направления продуктивности [2].

Результаты данной оценки показали связь уровня кортизола, оцененного по его концентрации в волосах со среднесуточным удоем, сроком стельности, уровнем соматических клеток в молоке, количеством отелов, уровнем кровности и технологией содержания [3].

В современной научной литературе ощущается значительный пробел в исследованиях, посвященных долгосрочному влиянию гормонального статуса животных на продуктивность и качество получаемого мяса. Данных о связи между гормональным статусом, определяемым по анализу волос, и показателями мясной продуктивности у бычков крайне мало. Имеются исследования, посвященные влиянию концентрации эстрадиола и вителлогенина в сыворотке крови кур на их яичную продуктивность [4].

Учитывая важность эндокринной системы в процессе реализации продуктивных качеств мясного скота, данное направление исследований представляет определенный интерес для дальнейшего изучения.

В отличие от анализа крови, исследование волос обладает рядом преимуществ: сбор образцов отличается простотой и не причиняет животным боли; образцы не требуют специализированного оборудования для хранения и транспортировки и могут сохраняться практически без ограничений во времени, сохраняя при этом свою информативность.

Эстрадиол — это мощный стероидный гормон, играющий важную роль в репродуктивной системе животных. Синтезируется в различных органах, включая яичники, плаценту во время беременности у женских особей, а также кору надпочечников, периферические ткани и даже семенники у быков-производителей. Он способствует увеличению выработки гормона роста [5].

Ростостимулирующие гормоны, к которым относится эстрадиол, являются ключевым звеном в производстве говядины в ряде стран. Например, в США к применению в мясном скотоводстве разрешены 6 гормонов: эстрадиол, тестостерон, прогестерон, тренболон ацетат, меленгестрол ацетат и зеранол. В РФ используют прогестерон, мегастерол ацетат, гравогормон, простагландин [6] при строгом технологическом контроле за их применением.

Таким образом, известно, что изучение роли эстрадиола в мясном скотоводстве играет важную роль, так как это может повлиять на мясную продуктивность скота и качество получаемого мясного сырья.

Научная новизна исследования заключается в создании новых подходов к повышению мясной продуктивности и качества мяса крупного рогатого скота. Это достигается через разработку и введение неинвазивной методики для оценки и мониторинга гормонального статуса [1, 7], основанной на анализе содержания гормонов в волосах животного.

*Цель работы* — исследование продуктивных показателей бычков герефордской породы в зависимости от содержания эстрадиола в образцах из волос.

Для достижения цели были поставлены задачи: отобрать пробы волосяного покрова в верхней части холки животных-аналогов по возрасту, кормлению и содержанию, определить концентрацию гормонов в образцах волос, сформировать группы в зависимости от содержания эстрадиола процентильным методом, провести оценку роста и развития, а также качества туш подопытных бычков.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполнялись в 2024 году на базе ООО «Оренбив» (Оренбургская обл.). В них приводятся данные по оценке гормонального статуса бычков герефордской породы в возрасте 18 месяцев. У животных ( $n = 60$ ) были отобраны образцы волос с холки. В образцах волос определяли содержание эстрадиола.

Протокол исследования утвержден локальной этической комиссией Оренбургского государственного университета (г. Оренбург, Россия) (протокол от 17 мая 2024 г. № 832).

Все исследования на животных проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в п. 12 Хельсинкской декларации 1964 года и последующими поправками к ней<sup>1</sup>. Условия содержания и кормления трех групп животных были идентичными<sup>2</sup>.

Отбор проб образцов волос осуществлялся путем двукратного (с периодичностью 90 суток) выбривания участка верхней части холки размером

<sup>1</sup> Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации. Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта. Принята на 18-й Генеральной ассамблее ВМА. Хельсинки, Финляндия, июнь 1964 г. <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>

<sup>2</sup> Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Первов Н.Г. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М.: Знание. 2003; 456. ISBN: 5-94587-093-5

10 + 10 см. Для исследований отбирался вновь отросший волос, который соответствовал периоду отрастания 15–18 месяцев [1]. Очистка волос проведена по следующей схеме: замачивание в дистиллированной воде (3 ч. при  $t = 40\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); промывка 40%-ным раствором этилового спирта и бидистиллированной водой; обработка ультразвуком (частота 35 кГц, мощность 300 (450) Вт, амплитуда колебаний 10 мм) по два часа в каждой среде.

Измельчение волос проводилось на вибрационной мельнице IMC vMILL05 (My Ant, Китай) с размольной гарнитурой из нержавеющей стали. Медианное значение размера получившегося порошка из волос (d50) было равно 20 мкм.

В зависимости от содержания данного гормона процентильным методом бычки были разделены на три группы:

- ✓ I группа — до 25-го процентиля ( $n = 15$ );
- ✓ II группа — от 25-го до 75-го процентиля ( $n = 25$ );
- ✓ III группа — выше 75-го процентиля ( $n = 15$ ).

Выбор данных интервалов обусловлен литературными данными [2].

Определение концентрации гормонов в образцах волос проводили с помощью иммуноферментного анализа на микропланшетном анализаторе Infinite F200 PRO (Tecan, Австрия), используя набор для анализа эстрадиола (ООО «Ольвекс диагностика», Россия).

Экстрагирование гормонов из волос проводили по методике, ранее разработанной для людей и обезьян<sup>3</sup>, с использованием ротационного испарителя Constructional Vapor (КНР) и реагентов — изопропанола и метанола (класс ВЭЖХ).

Для оценки качества туш подопытных бычков проводили их убой в возрасте 18 месяцев по методике State Standard R 34120-2017 Cattle for slaughter. Beef and veal in carcasses, half carcasses, and quarters<sup>4</sup>.

Массовую долю влаги в мякоти туш определяли по ГОСТ 33319-2015<sup>5</sup> (г. Москва, 2018 г.), содержание триптофана — по ГОСТ Р 70149-2022<sup>6</sup>, оксипролина — по ГОСТ 23041-2015<sup>7</sup>, pH — по ГОСТ Р 51478-99<sup>8</sup>.

Среднюю пробу мяса-фарша (400 г), пробу (200 г) длиннейшей мышцы спины на уровне 9–11-го ребра брали из левой полутуши. Определение жира проводилось по ГОСТ 23042<sup>9</sup>, белка — по ГОСТ 25011<sup>10</sup>, золу — по ГОСТ 31727<sup>11</sup>. Энергетическую ценность (без учета гликогена) 1 кг мякоти и длиннейшей мышцы спины определяли по формуле В.А. Александрова (1951 г.), где количество

белка умножали на 4,1, жир — на 9,3, с последующим переводом в мегаджоули, умножая на 0,004187.

Показатель пищевой ценности рассчитывался как отношение массы мякоти к массе костей + масса хрящей и сухожилий. Определение качественных характеристик длиннейшей мышцы спины проводилось в ЦКП БСТ РАН<sup>12</sup>. При этом было задействовано следующее оборудование: весы лабораторные CE224-C («Сартгосм», Россия), весы электронные Pioneer PA413 (Ohaus Corporation, США), спектрометр атомно-абсорбционный «Квант-2АТ» (промышленная группа «Лаборант», Россия), хроматограф газовый «Кристалл 2000М» («Хроматэк», Россия), мясорубка «Аксион М 34.01» («Аксион», Россия), экстрактор «Сокслета» (ООО «ЭкогеосПром», Россия), весы для взвешивания животных ВТП-П-4-1 (Россия).

Оценка достоверности различий проведена с использованием Т-критерия Стьюдента. Уровень значимости ( $p$ ) принимался меньшим или равным 0,05. В таблицах приведены средние значения показателей и ошибки средних арифметических. Для обработки данных использовали пакет прикладных программ Statistica 10.0 (США).

Описанные методы исследования были реализованы с использованием приборной базы Центра коллективного пользования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Содержание эстрадиола в образцах волос бычков герфордской породы трех групп представлено в таблице 1.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что диапазон концентраций эстрадиола в волосе бычков 18 месяцев I группы находился в пределах от 3,3 до 4,0 нг/г, II — от 4,1 до 7,0 нг/г, III группы — от 7,1 до 8,3 нг/г.

На рисунке 1 представлены различия по концентрации эстрадиола в волосах животных исследуемых групп.

**Таблица 1. Фактическая концентрация эстрадиола по группам бычков, нг/г**

**Table 1. Actual estradiol concentration by bull group, ng/g**

| Показатель                             | Группа                            |                                   |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|  | I                                 | II                                | III                               |
| Концентрация эстрадиола в волосе, нг/г | 3,65 ± 0,28<br>(интервал 3,3–4,0) | 5,66 ± 0,93<br>(интервал 4,1–7,0) | 7,85 ± 0,33<br>(интервал 7,1–8,3) |

<sup>3</sup> Meyer J., Novak M., Hamel A., Rosenberg K. Extraction and analysis of cortisol from human and monkey hair. J Vis Exp. 2014; (83): e50882. DOI: 10.3791/50882. PMID: 24513702, PMCID: PMC4089402

<sup>4</sup> State Standard Cattle for Slaughter. Beef and Veal in Carcasses, Half Carcasses, and Quarters. Standartinform. 2018.

<sup>5</sup> ГОСТ 33319-2015 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги.

<sup>6</sup> ГОСТ Р 70149-2022 Мясо и мясные продукты. Определение массовой доли триптофана спектрофотометрическим методом.

<sup>7</sup> ГОСТ 23041-2015 Мясо и мясные продукты. Метод определения оксипролина.

<sup>8</sup> ГОСТ Р 51478-99 Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH).

<sup>9</sup> ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира.

<sup>10</sup> ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.

<sup>11</sup> ГОСТ 31727-2012 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы.

<sup>12</sup> <http://цкп-бст.рф>

По данным (рис. 1) видно, что разница в диапазонах концентраций составляет порядка 1,00–1,3 нг/г.

Данные о живой массе и среднесуточному приросту подопытных бычков в зависимости от концентрации эстрадиола в волосе представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2, наибольший прирост живой массы, а также среднесуточный прирост были у животных III группы с наибольшими интервалами концентрации гормона в волосах. Живая масса новорожденных бычков в группах-аналогов была одинаковой, однако по мере взросления и набора массы различия между группами стали очевидными. Так, в возрасте 8 месяцев разница между живой массой животных III и I групп составила 9,9 кг, или 4,51%, а между животными II и I групп — 6,2 кг, или 2,82%. В возрасте 18 месяцев эта разница составляла уже 449 кг и 24,6 кг, или 9,33% и 5,11% соответственно.

Среднесуточный прирост за весь период (18 месяцев) был на 83 кг, или на 9,86%, выше у животных III группы по сравнению с I, на 45 кг, или 5,35%, по сравнению со II. Максимальный прирост живой массы бычки показали в последние 3 месяца перед убоем. Разница между I и II группой составила 205 кг, или 30,78%.

Среднее значение живой массы за весь период эксперимента у животных II группы было на 9,56 кг, или на 3,4%, выше, чем у животных I группы, у аналогов III группы — на 19,06 кг, или на 6,43%, выше, чем у животных II группы, на 9,50 кг, или на 3,1%, соответственно. В возрасте 1–15 месяцев бычки III группы с концентрацией эстрадиола в волосах от 7,1 до 8,3 нг/г показывали среднесуточный прирост 1087 г/сут.

Таким образом, определена концентрация гормонов в волосе бычков, характеризующихся высокой интенсивностью весового роста в период доразщивания и откорма.

Абсолютная и относительная скорость роста подопытных животных представлены в таблице 3.

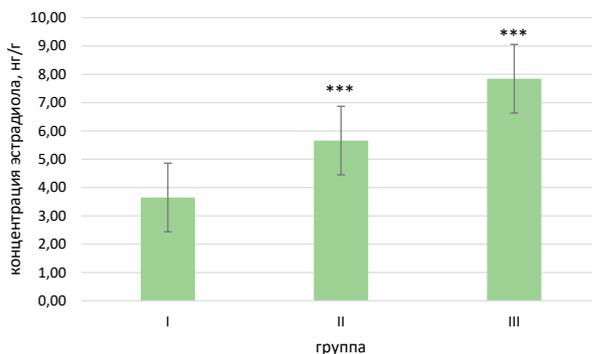
Абсолютный прирост живой массы у животных I группы составил 181,56 кг, у животных II группы — 191,4 кг, у III — 199,56 кг. Разница между значениями II и I группы составляла 5,42%, между III и II — 4,26%, между III и I — 9,91%. Относительный прирост живой массы был выше на 1,5% и на 0,80% у животных III и II групп по сравнению с I. Интерпретация данных, представленных в таблице 3, свидетельствует о возрастании как абсолютной, так и относительной скорости роста живой массы бычков групп с высокими значениями содержания эстрадиола в волосах.

Был проведен контрольный убой бычков в возрасте 18 месяцев. Данные результатов убоя приведены в таблице 4.

Живая масса перед убоем у животных III группы составила  $516,01 \pm 5,91$  кг, что на 46,90 кг больше, чем у животных I группы, и на 21,98 кг больше, чем у животных II группы. Разница в убойной массе составила 34,42 кг и 16,69 кг соответственно.

**Рис. 1.** Концентрация эстрадиола в волосах животных исследуемых групп

**Fig. 1.** Estradiol concentration in the hair of animals of the studied groups



**Таблица 2.** Живая масса и среднесуточный прирост подопытных бычков в зависимости от концентрации эстрадиола в волосе

**Table 2.** Live weight and average daily gain of experimental steers depending on estradiol concentration in hair

| Возраст, мес.                    | Группа         |                   |                    |
|----------------------------------|----------------|-------------------|--------------------|
|                                  | I              | II                | III                |
| <b>Живая масса, кг</b>           |                |                   |                    |
| Новорожденные                    | 27,30 ± 0,42   | 27,30 ± 0,58      | 27,20 ± 0,38       |
| 8                                | 219,30 ± 2,08  | 225,50 ± 2,75     | 229,20 ± 3,08**    |
| 12                               | 334,60 ± 3,18  | 343,10 ± 4,08     | 349,00 ± 4,78'     |
| 15                               | 420,60 ± 4,78  | 429,10 ± 5,96     | 446,80 ± 6,24**    |
| 18                               | 481,20 ± 5,84  | 505,80 ± 6,72**   | 526,10 ± 6,76***   |
| <b>Среднесуточный прирост, г</b> |                |                   |                    |
| 0–8                              | 803,00 ± 17,26 | 829,00 ± 17,85    | 845,00 ± 18,44     |
| 8–12                             | 961,00 ± 15,08 | 980,00 ± 17,48    | 998,00 ± 19,14     |
| 12–15                            | 956,00 ± 18,62 | 956,00 ± 21,62    | 1087,00 ± 23,26*** |
| 15–18                            | 666,00 ± 16,54 | 843,00 ± 17,76*** | 871,00 ± 18,27***  |
| 0–18                             | 841,00 ± 17,24 | 886,00 ± 18,72    | 924,00 ± 20,03**   |

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

**Таблица 3.** Абсолютная и относительная скорость роста подопытных бычков в зависимости от уровня эстрадиола в волосе, кг

**Table 3.** Absolute and relative growth rate of experimental steers depending on the level of estradiol in hair, kg

| Возрастной период, мес.                   | Группа        |                 |                  |
|---|---------------|-----------------|------------------|
|   | I             | II              | III              |
| <b>Абсолютный прирост живой массы, кг</b> |               |                 |                  |
| 0–8                                       | 192,00 ± 2,48 | 198,20 ± 3,13   | 202,00 ± 3,46'   |
| 8–12                                      | 115,30 ± 2,98 | 117,60 ± 4,02   | 119,80 ± 4,52    |
| 12–15                                     | 86,00 ± 3,14  | 86,00 ± 4,07    | 97,80 ± 4,16'    |
| 15–18                                     | 60,60 ± 2,61  | 76,70 ± 2,54*** | 79,30 ± 3,28***  |
| 0–18                                      | 453,90 ± 5,08 | 478,50 ± 5,74** | 498,90 ± 6,46*** |
| <b>Относительный прирост, %</b>           |               |                 |                  |
| 0–8                                       | 155,70 ± 0,82 | 156,80 ± 0,94   | 157,60 ± 1,00    |
| 8–12                                      | 41,60 ± 0,68  | 41,40 ± 0,90    | 41,40 ± 0,86     |
| 12–15                                     | 22,80 ± 0,82  | 22,30 ± 1,18    | 24,60 ± 1,24     |
| 15–18                                     | 13,40 ± 0,48  | 16,40 ± 0,60*** | 16,30 ± 0,52***  |
| 0–18                                      | 178,50 ± 0,44 | 179,50 ± 0,52   | 180,30 ± 0,56'   |

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

Показатели выхода туши, массы внутреннего жира-сырца, а также выхода жира-сырца были примерно одинаковыми у животных трех групп, однако заметна тенденция возрастания обозначенных показателей по мере повышения концентрации эстрадиола. Как правило, убойный выход специализированных мясных пород крупного рогатого скота достигает 60–70%. Полученные данные соответствуют указанным значениям. Убойный выход у животных III группы был на 2,07% выше, чем у животных I группы, и на 1,09% выше, чем у сверстников II группы.

Был определен морфологический состав туш подопытных животных. Данные представлены в таблице 5.

По морфологическому составу туш молодняка крупного рогатого скота можно судить о мясности туш (съедобных и несъедобных частях) [8, 9]. Анализируя данные таблицы 5, отметим, что ряд показателей морфологического состава туш имел очень близкие значения (например, % мышечной ткани от массы мякоти или выход костей). Однако масса охлажденной туши и масса мякоти увеличились у животных II и III групп по сравнению со сверстниками I группы. Масса мякоти животных III группы была выше на 11,90 кг, или на 5,32%, чем у животных II группы, на 24,51 кг (11,62%), чем у животных I группы, соответственно. Выход мякоти был примерно на одном уровне у животных трех групп.

По количеству мышечной ткани животные с высокими значениями эстрадиола превосходили животных с более низкими показателями содержания данного гормона. Разница между III и I группами — 9,74%.

Показатели химического состава мякоти туш приведены в таблице 6.

Отметим, что энергетическая ценность связана с содержанием жира в мякоти туш животных. Показатель жира, в том числе синтезированного в мякоти, был выше в тушах животных II и III групп на 12,49%, на 28,39%, чем у животных I группы. Показатели сухого вещества, протеина и золы находились на одном уровне.

Энергетическая ценность мякоти туши животных II группы была выше на 132,80 МДж, чем у животных I группы, у животных III группы — на 300,20 МДж, или на 8,72% и 19,71% соответственно.

Проведен анализ проб длиннейшей мышцы спины исследуемых бычков.

**Таблица 4. Результаты контрольного убоя подопытных бычков герефордской породы**

**Table 4. Results of control slaughter of experimental bulls of the Hereford breed**

| Показатель                       | Группа        |                  |                  |
|----------------------------------|---------------|------------------|------------------|
|                                  | I             | II               | III              |
| Предубойная живая масса, кг      | 469,11 ± 5,62 | 494,03 ± 5,94**  | 516,01 ± 5,91*** |
| Масса туши, кг                   | 267,58 ± 3,48 | 283,87 ± 3,24**  | 299,13 ± 3,38*** |
| Выход туши, %                    | 57,04 ± 0,41  | 57,46 ± 0,37     | 57,97 ± 0,40     |
| Масса внутреннего жира-сырца, кг | 12,48 ± 0,24  | 13,92 ± 0,25***  | 15,35 ± 0,255*** |
| Выход внутреннего жира-сырца, %  | 2,66 ± 0,16   | 2,82 ± 0,16      | 2,97 ± 0,15      |
| Убойная масса, кг                | 280,06 ± 3,04 | 297,79 ± 3,12*** | 314,48 ± 2,96*** |
| Убойный выход, %                 | 59,70 ± 0,40  | 60,28 ± 0,28     | 60,94 ± 0,34*    |

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

**Таблица 5. Морфологический состав туш подопытных бычков**

**Table 5. Morphological composition of carcasses of experimental steers**

| Показатель                        | Группа        |                  |                  |
|-----------------------------------|---------------|------------------|------------------|
|                                   | I             | II               | III              |
| Масса охлажденной туши, кг        | 263,61 ± 3,52 | 279,97 ± 3,26*** | 295,28 ± 3,24*** |
| Масса мякоти, кг                  | 210,89 ± 2,54 | 223,50 ± 2,69*** | 235,40 ± 2,51*** |
| Выход мякоти, %                   | 80,00 ± 0,31  | 79,83 ± 0,29     | 79,72 ± 0,28     |
| Мышечная ткань, кг                | 189,50 ± 1,74 | 199,45 ± 1,92*** | 207,95 ± 1,92    |
| Мышечная ткань, % от массы мякоти | 89,86 ± 0,36  | 89,24 ± 0,35     | 88,34 ± 0,34     |
| Масса костей, кг                  | 43,55 ± 0,36  | 46,84 ± 0,38***  | 49,84 ± 0,34***  |
| Выход костей, %                   | 16,52 ± 0,21  | 16,73 ± 0,24     | 16,88 ± 0,18     |
| Масса сухожилий и связок, кг      | 9,17 ± 0,15   | 9,63 ± 0,19      | 10,04 ± 0,16***  |
| Выход сухожилий и связок, %       | 3,48 ± 0,21   | 3,44 ± 0,23      | 3,40 ± 0,23      |
| Индекс мясности                   | 4,84 ± 0,15   | 4,77 ± 0,16      | 4,72 ± 0,15***   |
| Показатель пищевой ценности       | 4,00 ± 0,13   | 3,96 ± 0,12      | 3,93 ± 0,14**    |

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

**Таблица 6. Химический состав и энергетическая ценность мякоти туш (по фаршу) подопытных животных**

**Table 6. Chemical composition and energy value of carcass flesh (minced meat) of experimental animals**

| Показатель                               | Группа          |                    |                    |
|--|-----------------|--------------------|--------------------|
|  | I               | II                 | III                |
| Сухое вещество, %                        | 30,24 ± 0,58    | 30,53 ± 0,61       | 31,38 ± 0,60       |
| Протеин, %                               | 19,08 ± 0,31    | 18,76 ± 0,34       | 18,68 ± 0,33       |
| Жир, %                                   | 10,14 ± 0,13    | 10,76 ± 0,17**     | 11,66 ± 0,14***    |
| Зола, %                                  | 1,02 ± 0,06     | 1,01 ± 0,06        | 1,04 ± 0,09        |
| <i>Синтезировано в мякоти, кг:</i>       |                 |                    |                    |
| протеина                                 | 40,24 ± 1,38    | 41,93 ± 1,26       | 43,97 ± 1,29       |
| жира                                     | 21,38 ± 0,60    | 24,05 ± 0,56**     | 27,45 ± 0,59***    |
| Энергетическая ценность 1 кг мякоти, МДж | 7,22 ± 0,15     | 7,41 ± 0,16        | 7,75 ± 0,15        |
| Энергетическая ценность мякоти туши, МДж | 1523,30 ± 15,32 | 1656,10 ± 15,88*** | 1823,50 ± 15,44*** |

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

Определен уровень содержания аминокислот триптофана и оксипролина. Данные о содержании вышеуказанных аминокислот, а также протеина, сухого вещества, жира, минеральных веществ (золы) и влагоемкости туш, приведены в таблице 7.

Показатели сухого вещества, жира, протеина, золы находились на одном уровне у животных трех групп. Значения pH и влагоемкости туш были схожими. По содержанию триптофана (мг/%) мышцы бычков I группы превосходили аналогичный показатель на 2,91% и на 5,38% в мышцах спины бычков, соответственно, II и III групп.

### Выводы/Conclusions

В ходе исследования были выполнены поставленные задачи: отобраны пробы волосяного покрова у животных-аналогов по возрасту, кормлению и содержанию, определены концентрации гормонов в образцах волос, на основании содержания гормонов сформированы группы животных, проведена оценка их продуктивных (мясных) качеств.

Впервые оценена информативность волос как биоматериала для анализа гормонального статуса мясных бычков. Расчет коэффициентов корреляции показал, что концентрация эстрадиола в волосе положительно взаимосвязана с величиной среднесуточных приростов ( $r = 0,81$ ), предубойной ( $r = 0,69$ ) и убойной массой ( $r = 0,71$ ), массой мякоти ( $r = 0,65$ ) и костей ( $r = 0,77$ ), а также с содержанием жира в тушах ( $r = 0,63$ ) и мякоти ( $r = 0,74$ ), при этом отрицательные корреляции

Таблица 7. Химический состав и биологическая ценность длиннейшей мышцы спины бычков

Table 7. Chemical composition and biological value of long back muscle of steers

| Показатель                        | Группа        |               |                |
|-----------------------------------|---------------|---------------|----------------|
|                                   | I             | II            | III            |
| Сухое вещество, %                 | 24,09 ± 0,20  | 23,76 ± 0,24  | 23,80 ± 0,21   |
| Протеин, %                        | 21,66 ± 0,17  | 21,19 ± 0,20  | 20,84 ± 0,18** |
| Жир, %                            | 1,42 ± 0,09   | 1,56 ± 0,09   | 1,96 ± 0,10*** |
| Зола, %                           | 1,01 ± 0,05   | 1,01 ± 0,06   | 1,00 ± 0,06    |
| Энергетическая ценность 1 кг, МДж | 4,27 ± 0,11   | 4,24 ± 0,10   | 4,34 ± 0,122   |
| Триптофан, мг/%                   | 392,54 ± 8,32 | 381,44 ± 7,82 | 372,96 ± 8,04  |
| Оксипролин, мг/%                  | 54,70 ± 0,54  | 55,02 ± 0,56  | 54,82 ± 0,48   |
| pH                                | 5,64 ± 0,101  | 5,66 ± 0,10   | 5,72 ± 0,10    |
| Влагоемкость, %                   | 56,06 ± 0,54  | 55,86 ± 0,51  | 55,54 ± 0,58   |

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

отмечались по отношению к уровню протеина в длиннейшей мышце спины ( $r = 0,75$ ).

Повышенная концентрация гормона связана с увеличением массы охлажденной туши и массы мякоти после убоя животных. В перспективе — установление референтных интервалов концентраций гормонов в волосе КРС, которые будут характеризоваться высокой интенсивностью весового роста.

На основании исследований будут разработаны кормовые добавки, включающие комплекс микроэлементов в сочетании с фитобиотическими препаратами, а также рекомендации по коррекции уровня гормонов для повышения продуктивности и качества мяса, получаемого от мясного скота.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту № 24-16-00093. <https://rscf.ru/project/24-16-00093/>

### FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation under Project No. 24-16-00093. <https://rscf.ru/project/24-16-00093/>

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Miroshnikov S. *et al.* Method of Sampling Beef Cattle Hair for Assessment of Elemental Profile. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015; 14(9): 632–636. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636>
- Baier F., Grandin T., Engle T., Edwards-Callaway L. Evaluation of Hair Characteristics and Animal Age on the Impact of Hair Cortisol Concentration in Feedlot Steers. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019; 6: 323. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00323>
- Ghassemi Nejad J., Lee B.-H., Kim J.-Y., Chemere B., Sung K.-I., Lee H.-G. Effect of alpine grazing on plasma and hair cortisol, serotonin, and DHEA in dairy cows and its welfare impact. *Domestic Animal Endocrinology*. 2021; 75: 106581. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106581>
- Перинек О.Ю., Ширяев Г.В. Влияние концентрации эстрадиола и вителлогенина в сыворотке крови кур мясо-яичной породы на яичную продуктивность. *Генетика и разведение животных*. 2021; (4): 114–120. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-114-120>
- Советкин С.В., Юдин С.М. Биологически активные препараты для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. *Ветеринария*. 2011; (1): 57–58. <https://elibrary.ru/ncxeen>
- Чернышева В.В., Чернышева И.В. Опасные загрязнители в сырье для производства сырокопченых колбас. *Наука и образование: современные тренды*. 2014; (5): 252–264. <https://elibrary.ru/udrncl>

### REFERENCES

- Miroshnikov S. *et al.* Method of Sampling Beef Cattle Hair for Assessment of Elemental Profile. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015; 14(9): 632–636. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636>
- Baier F., Grandin T., Engle T., Edwards-Callaway L. Evaluation of Hair Characteristics and Animal Age on the Impact of Hair Cortisol Concentration in Feedlot Steers. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019; 6: 323. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00323>
- Ghassemi Nejad J., Lee B.-H., Kim J.-Y., Chemere B., Sung K.-I., Lee H.-G. Effect of alpine grazing on plasma and hair cortisol, serotonin, and DHEA in dairy cows and its welfare impact. *Domestic Animal Endocrinology*. 2021; 75: 106581. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106581>
- Perinek O., Shiryayev G. Effect of the concentration of estradiol and vitellogenin in the blood serum of meat and egg breed chickens on egg productivity. *Genetics and breeding of animals*. 2021; (4): 114–120 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-114-120>
- Sovetkin S.V., Yudin S.M. Biologically active preparations for animal productivity increase. *Veterinary medicine*. 2011; (1): 57–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/ncxeen>
- Chernysheva V.V., Chernysheva I.V. Hazardous contaminants in raw materials for the production of raw smoked sausages. *Nauka i obrazovaniye: sovremennyye trendy*. 2014; (5): 252–264 (in Russian). <https://elibrary.ru/udrncl>

7. Hwang K.-Y., Schwartz B.S., Lee B.-K., Strickland P.T., Todd A.C., Bressler J.P. Associations of Lead Exposure and Dose Measures with Erythrocyte Protein Kinase C Activity in 212 Current Korean Lead Workers. *Toxicological Sciences*. 2001; 62(2): 280–288. <https://doi.org/10.1093/toxsci/62.2.280>
8. Отаров А.И., Улимбашев М.Б. Морфологический состав полутуш и отрубков бычков разного происхождения. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2023; (4): 51–59. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-222-4-51-59>
9. Седых Т.А. Возрастные изменения отдельных естественно-анатомических частей туш бычков герефордской породы. *Успехи современного естествознания*. 2015; (9–2): 336–338. <https://elibrary.ru/vbsaat>
10. Miroshnikov S. et al. The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos taurus*). *Biological Trace Element Research*. 2017; 180(1): 56–62. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5>
11. Басонов О.А., Гиноян Р.В., Миткина С.Ю. Особенности роста и развития бычков герефордской породы разного генотипа. *Аграрный научный журнал*. 2024; (7): 65–70. <https://elibrary.ru/qodyvo>
12. Осадчук Л.В. и др. Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2017; (2): 52–61. <https://elibrary.ru/yuaayl>
13. Толочка В.В., Гармаев Б.Д., Гармаев Д.Ц., Косилов В.И., Никонова Е.А., Рахимжанова И.А. Влияние породной принадлежности бычков на сортовой состав мясной продукции. *Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2023; (2): 94–100. [https://doi.org/10.52754/16948696\\_2023\\_2\\_12](https://doi.org/10.52754/16948696_2023_2_12)
14. Абилова И.М., Бактыгалиева А.Т., Насыров С.Н., Дускулов В.М. Химический состав мяса и сырых жиров молодняка лучших представителей казахской белоголовой породы. *Наука и образование*. 2023; (1–1): 115–121 (на англ. яз.). <https://elibrary.ru/qbjnhq>
15. Zhao X.-J., Wang X.-Y., Wang J.-H., Wang Z.-Y., Wang L., Wang Z.-H. Oxidative Stress and Imbalance of Mineral Metabolism Contribute to Lameness in Dairy Cows. *Biological Trace Element Research*. 2015; 164(1): 43–49. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0207-1>
16. Немцева Е.Ю., Воронова И.В., Игнатова Н.Л. Особенности роста и развития молодняка герефордской породы. *Аграрная наука*. 2022; (11): 60–64. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-60-64>
17. Виль Л.Г., Никитина М.М., Блинова Н.С. Эффективность выращивания герефордского скота Андриановского типа при круглогодичном пастбищном содержании. *Аграрная наука*. 2023; (1): 44–48. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-44-48>
18. Никонова Е.А., Юлдашбаев Ю.А., Косилов В.И., Савчук С.В. Особенности обмена питательных веществ в организме чистопородного и помесного молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2022; (5): 40–44. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-40-44>
7. Hwang K.-Y., Schwartz B.S., Lee B.-K., Strickland P.T., Todd A.C., Bressler J.P. Associations of Lead Exposure and Dose Measures with Erythrocyte Protein Kinase C Activity in 212 Current Korean Lead Workers. *Toxicological Sciences*. 2001; 62(2): 280–288. <https://doi.org/10.1093/toxsci/62.2.280>
8. Otarov A.I., Ulimbashiev M.B. Morphological composition of sides and cuts of steers of different origins. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2023; (4): 51–59 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-222-4-51-59>
9. Sedykh T.A. Ages changes certain naturally-anatomic parts of carcasses of bull Hereford. *Advances in current natural sciences*. 2015; (9–2): 336–338 (in Russian). <https://elibrary.ru/vbsaat>
10. Miroshnikov S. et al. The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos taurus*). *Biological Trace Element Research*. 2017; 180(1): 56–62. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5>
11. Basonov O.A., Ginoyan R.V., Mitkina S.Yu. Features of growth and development of Hereford bulls of different genotypes. *Agrarian scientific journal*. 2024; (7): 65–70 (in Russian). <https://elibrary.ru/qodyvo>
12. Osadchuk L.V. et al. Hormonal and metabolic state of Holstein bulls in environmental and climate conditions of Kemerovo Region. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2017; (2): 52–61 (in Russian). <https://elibrary.ru/yuaayl>
13. Tolochka V.V., Garmayev B.D., Garmayev D.Ts., Kosilov V.I., Nikonova E.A., Rakhimzhanova I.A. The influence of the breed affiliation of bulls on the varietal composition of meat products. *Journal of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary and zootechnics*. 2023; (2): 94–100 (in Russian). [https://doi.org/10.52754/16948696\\_2023\\_2\\_12](https://doi.org/10.52754/16948696_2023_2_12)
14. Abirova I.M., Baktygalieva A.T., Nasyrov S.N., Duskulov V.M. Chemical composition of meat and raw fats of young best of the Kazakh white head breed. *Science and Education*. 2023; (1–1): 115–121. <https://elibrary.ru/qbjnhq>
15. Zhao X.-J., Wang X.-Y., Wang J.-H., Wang Z.-Y., Wang L., Wang Z.-H. Oxidative Stress and Imbalance of Mineral Metabolism Contribute to Lameness in Dairy Cows. *Biological Trace Element Research*. 2015; 164(1): 43–49. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0207-1>
16. Nemtseva E.Yu., Voronova I.V., Ignatieva N.L. Features of growth and development of young cattle of Hereford breed of different origin. *Agrarian science*. 2022; (11): 60–64 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-60-64>
17. Wil L.G., Nikitina M.M., Blinova N.S. The efficiency of growing Hereford cattle of the Andrianov type with year-round grazing. *Agrarian science*. 2023; (1): 44–48 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-44-48>
18. Nikonova E.A., Yuldashbaev Yu.A., Kosilov V.I., Savchuk S.V. Peculiarities of nutrient metabolism in the body of a purebreed and mixed young cattle. *Agrarian science*. 2022; (5): 40–44 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-40-44>

## ОБ АВТОРАХ

### Ирина Валерьевна Миронова<sup>1,2</sup>

доктор биологических наук, профессор  
• заведующая кафедрой технологии и химии мясных и молочных продуктов;  
• старший научный сотрудник отдела животноводства  
mironova\_irina-v@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5948-9563>

### Олег Александрович Завьялов<sup>2</sup>

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник  
oleg-zavyalov83@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>

### Алексей Николаевич Фролов<sup>2</sup>

доктор биологических наук  
forleh@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

### Артём Андреевич Слинкин<sup>1</sup>

кандидат биологических наук, доцент кафедры  
s-artemk@yandex.ru  
<https://orcid.org/0009-0007-1717-3177>

<sup>1</sup>Башкирский государственный аграрный университет, ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, 450001, Россия

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

### Irina Valeryevna Mironova<sup>1,2</sup>

Doctor of Biological Sciences; Professor  
• Head of the Department of Meat and Dairy Products Technology and Chemistry;  
• Senior Researcher at the Livestock  
mironova\_irina-v@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5948-9563>

### Oleg Alexandrovich Zavyalov<sup>2</sup>

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher  
oleg-zavyalov83@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>

### Alexey Nikolaevich Frolov<sup>2</sup>

Doctor of Biological Sciences  
forleh@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

### Artyom Andreevich Slinkin<sup>1</sup>

Candidate of Biological Sciences; Associate Professor of the Department  
s-artemk@yandex.ru  
<https://orcid.org/0009-0007-1717-3177>

<sup>1</sup>Bashkir State Agrarian University, 34 50-letiya Oktyabrya Str., Ufa, 450001, Russia

<sup>2</sup>Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9<sup>th</sup> Str., Orenburg, 460000, Russia