

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1157

EDN: UEOKFS

УДК 636.085:577.17



Научная статья

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ УРОВНЯ СОМАТОТРОПИНА В ВОЛОСЕ С МЯСНЫМИ КАЧЕСТВАМИ БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ

О.А. Завьялов, А.Н. Фролов, И.И. Слепцов

Аннотация

Обоснование. Вопрос о применении волос в качестве индикатора долгосрочных изменений метаболизма соматотропина в организме бычков раскрыт недостаточно. Более того практически полностью отсутствует информация о взаимосвязи уровня соматотропина в волосе с мясными качествами бычков, что и обусловило актуальность настоящего исследования.

Цель. Изучить влияние обменного пула соматотропина, оцененного по его концентрации в волосе на мясные качества бычков герефордской породы.

Материалы и методы. Исследования выполнены на бычках герефордской породы. Животные в зависимости от уровня соматотропина в волосах были разделены на три группы: I – (53,4-57,1 пг/мг); II – (57,3 до 61,8 пг/мг); III – (62,1 до 67,1 пг/мг).

Результаты. Бычки с максимальным уровнем соматотропина имели наивысшие показатели по интенсивности весового роста. Животные этой группы имели более высокую убойную массу и содержание протеина в мясе, на фоне меньшего содержания жира. Увеличение концентрации соматотропина в волосе сопровождалось повышением концентраций лейцин+изолейцина, триптофана, гистидина, метионина, снижением фенилаланина и серина, а также увеличением концентраций полинасыщенных жирных кислот длиннейшей мышце спины. В длиннейшей мышце, бычков с максимальным уровнем соматотропина в волосе, содержалось больше кальция, меди, цинка и йода, при относительно низких концентрациях свинца.

Заключение. Уровень концентрации соматотропина в волосах с холки, тесно связан интенсивностью весового роста, мясной продуктивностью и качеством мяса бычков герефордской породы, что позволяет рассматривать

волос в качестве биосубстрата для оценки долгосрочных изменений уровня соматотропина в организме, при разработке мероприятий, направленных на повышение мясной продуктивности бычков.

Ключевые слова: мясное скотоводство; бычки; откорм; мясная продуктивность; волос; гормоны; соматотропин

Для цитирования. Завьялов, О. А., Фролов, А. Н., & Слепцов, И. И. (2025). Оценка взаимосвязи уровня соматотропина в волосе с мясными качествами бычков герефордской породы. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 30-59. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1157>

Original article

ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE LEVEL OF SOMATROPIN IN HAIR AND MEAT QUALITIES OF HEREFORD BULLS

O.A. Zavyalov, A.N. Frolov, I.I. Sleptsov

Abstract

Background. The issue of using hair as an indicator of long-term changes in somatotropin metabolism in the body of young bulls has not been sufficiently addressed. Moreover, there is almost no information on the relationship between the somatotropin level in hair and the meat qualities of young bulls, which determined the relevance of this study.

Objective is to study the effect of the somatotropin exchange pool, estimated by its concentration in hair on the meat qualities of the Hereford bulls.

Materials and methods. The studies were performed on the Hereford bulls. Animals were divided into three groups depending on the somatotropin level in hair: I - (53.4-57.1 pg / mg); II - (57.3 to 61.8 pg / mg); III - (62.1 to 67.1 pg / mg).

Results. Bulls with the maximum somatotropin level had the highest rates of weight gain. Animals of this group had higher slaughter weight and meat protein content, with a lower fat content. An increase in the somatotropin concentration in hair was accompanied by an increase in the concentrations of leucine + isoleucine, tryptophan, histidine, methionine, a decrease in phenylalanine and serine, as well as an increase in the concentrations of polyunsaturated fatty acids in the longissimus dorsi muscle. The longissimus muscle of bulls with the maximum somatotropin level in hair contained more calcium, copper, zinc and iodine, with relatively low lead concentrations.

Conclusion. The level of somatotropin concentration in hair from the withers is closely related to the intensity of weight growth, meat productivity and meat quality of Hereford bulls, which allows us to consider hair as a biosubstrate for assessing long-term changes in the level of somatotropin in the body, when developing measures aimed at increasing the meat productivity of bulls.

Keywords: beef cattle breeding; bulls; fattening; meat productivity; hair; hormones; somatotropin

For citation. Zavyalov, O. A., Frolov, A. N., & Sleptsov, I. I. (2025). Assessment of the relationship between the level of somatotropin in hair and meat qualities of Hereford bulls. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 30-59. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1157>

Введение

Многочисленными исследованиями установлено, что в организме сельскохозяйственных животных и птицы, гормоны оказывают значительное воздействие на обмен веществ, как непосредственно, так и через ускорение синтетических процессов в секреторных клетках, повышение проницаемости клеточных мембран и активацию ферментных систем [21; 31]. Нарушение гормонального гомеостаза и как следствие возникновение дефицита или напротив избытка соответствующих гормонов способно значительно снизить показатели молочной и мясной продуктивности крупного рогатого скота [44]. В связи с этим перед современной наукой и практикой стоит вопрос о совершенствовании методов оценки интенсивности гормонального метаболизма в организме продуктивных животных. Одним из важных шагов в направлении решения данного вопроса, является выбор информативного биосубстрата для проведения подобного рода измерений. В настоящее время наиболее изученными и широко используемыми биосубстратом для этих целей, является кровь [10]. Вместе с тем, оценка гормонального статуса по концентрации гормонов в крови сопряжена с рядом недостатков. Например, уровни гормонов в крови значительно варьируют под воздействием краткосрочных факторов, таких как время суток, стресс, прием пищи, и т.д. Кроме того, процедура забора крови, сопряжена с вмешательством во внутреннюю среду организма, и сама по себе является дополнительным стресс-фактором для животного, который способен исказить данные по концентрациям отдельных гормонов, в частности кортизола, адреналина и др. Одним из биосубстратов, который практически лишен перечисленных недостатков является волос [12]. Если сравнивать с исследованиями крови, то анализ волос имеет ряд

преимуществ: отбор образцов волос для анализа крайне прост и не сопряжен с травмированием животного; образцы не требуют специального оборудования для хранения и транспортировки; могут храниться практически неограниченное время, не теряя своей информационной ценности [3; 42]. Однако, главным преимуществом волос, при оценке гормонального статуса млекопитающих, является то, что измерение уровня гормонов в волосах может рассматриваться в качестве показателя, отражающего фактическую концентрацию гормонов в организме за длительный промежуток времени, предшествующий отбору, что позволяет диагностировать хронические нарушения метаболизма, исключая секундные колебания [38].

Одним из наиболее изученных и важных гормонов для крупного рогатого скота, является гормон роста – соматотропин. Соматотропин секретируется передней долей гипофиза и считается одним из наиболее важных гормонов для формирования мясных качеств крупного рогатого скота [15]. Соматотропин координирует постнатальный рост множества тканей, включая скелетные мышцы [22]. Стимулирующее действие соматотропина на рост опосредовано циркулирующим или локально продуцируемым инсулиноподобным фактором роста-1 [29], который является важнейшим миогенным агентом, способствующим росту мышц [2; 4]. При этом нарушения метаболизма соматотропина рассматривается в качестве фактора задержки весового роста у новорожденных телят [11]. Литературный анализ показал, что объём доступной информации по оценке долгосрочного влияния уровня гормона – соматотропина на мясную продуктивность и качество мяса бычков ограничен, что и послужило стимулом для проведения настоящего исследования.

Цель исследования

Основной целью настоящего исследования являлось изучение влияния обменного пула соматотропина, оцененного по его концентрации в волосе на мясные качества бычков герефордской породы.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнены на бычках герефордской породы в возрасте 18 мес. (n=60). Животные в зависимости от уровня соматотропина в волосах с холки процентильным методом были разделены на три группы: I группа – до 25 процентиля (n=15); II группа – в границах 25-75 процентилей (n=25); III группа – выше 75 процентиля (n=15). Основанием выбора данных интервалов послужили ранее проведенные исследования [34]. Условия кормления и содержания для всех обследованных животных были идентичными [1].

Реализация предлагаемых методов и подходов, заявленных в исследовании, осуществлялась с использованием приборной базы центра коллективного пользования ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург.

Отбор и пробоподготовка волос

Образцы волос отбирались с верхней части холки, машинкой для стрижки животных и корректировались по длине [33]. Для исследований отбиралась проксимальная часть волоса длиной 3 см. Волосы были сострижены как можно ближе к коже и хранились при комнатной температуре в темноте в сухих бумажных конвертах до обработки. Очистка волос включала: замачивание в течение трех часов в дистиллированной воде ($t=40-60^{\circ}\text{C}$); промывкой раствором этилового спирта (40%) и бидистиллированной водой с обработкой ультразвуком (частотой 35 кГц, мощность – 300 (450) Вт, амплитуда колебаний – 10 мм) по два часа в каждой среде. Образцы волос измельчались на вибрационной мельнице IMC vMILL05 с размольной гарнитурой из нержавеющей стали. При этом медианное значение размера получившегося порошка (d_{50}) было равно 20 мкм.

Определение гормонов в волосах и сыворотке крови

Определение уровня гормонов в образцах волос производилось методом иммуноферментного анализа, при помощи автоматического микропланшетного анализатора Infinite F200 PRO (Tecan, Австрия). Экстракция гормонов из волос проводилась по методике, ранее описанной для человека и обезьян [32], с применением ротационного испарителя «Constructional Varog» (Китай) и реагентов: изопропанола и метанола (класса ВЭЖХ).

Элементный анализ

Анализ содержания эссенциальных и токсичных металлов в образцах длиннейшей мышцы спины осуществлялся по концентрации 26 химических элементов (Na, Mg, P, K, Ca, Mn, Co, Cu, Cr, Fe, Zn, Se, B, Ni, Ga, Ag, In, Ba, Tl, Bi, Al, Sr, Cd, Hg, Pb, As) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и технологией Dynamic Reaction Cell (ICP-DRC-MS) на приборе NexION 300D (PerkinElmer Inc., Shelton, CT, USA), оснащенный автоматическим дозатором ESI SC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc., Omaha, NE 68122, USA).

Оценка убойных показателей и отбор средних проб мяса

Убой бычков проводили в 18-месячном возрасте, по методике ГОСТ Р 34120-2017 «Крупный рогатый скот на убой. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинках» (Государственный стандарт на крупный рогатый скот на убой. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинках.

Стандартинформ, 2018). Среднюю пробу мяса-фарша в количестве 400 г отбирали из левой полутуши. Из этой же полутуши перед обвалкой отбирали путём поперечного среза мышцы пробу (200 г) длиннейшей мышцы спины на уровне 9-11-го ребра.

Оценка жирнокислотного состава

Химический и жирнокислотный составы мяса-фарша и длиннейшей мышцы спины определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл-4000 Люкс» (Россия). Определение содержания сухого вещества проводили путем высушивания образцов в сушильном шкафу при 100°C. Органическое вещество определяли озолением высушенного образца при 550°C (АОАС, 2000).

Оценка аминокислотного состава

Аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины определялся по содержанию аргинина, лизина, тирозина, фенилаланина, гистидина, лейцина, изолейцина, метионина, валина, пролина, треонина, серина, аланина, глицина, оксипролина и триптофана методом капиллярного электрофореза с использованием системы Капель (ООО «Льюэкс-Маркетинг», Россия; ГОСТ 55569-2013).

Статистический анализ

Достоверность различий оценивали при помощи 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.

Результаты и обсуждение

Фактические различия между группами бычков по концентрации эстрадиола в сыворотке крови представлены на рисунке 1.

Сравнительный анализ показал, что в волосе бычков I группы содержалось 57,7 пг/мг соматотропина, что на 6,92 ($P \leq 0,05$) и 12,98 % ($P \leq 0,01$) меньше по сравнению со II и III группами. При этом диапазон концентраций соматотропина в волосе бычков I группы находился в пределах от 53,4 до 57,1 пг/мг, II от 57,3 до 61,8 пг/мг, III группы от 62,1 до 67,1 пг/мг.

В результате исследований установлено, что разбивка опытных групп по уровню соматотропина в волосе с холки, повлияла на величину среднесуточных приростов живой массы за предшествующий период откорма с 15 до 18 месяцев (рис. 2).

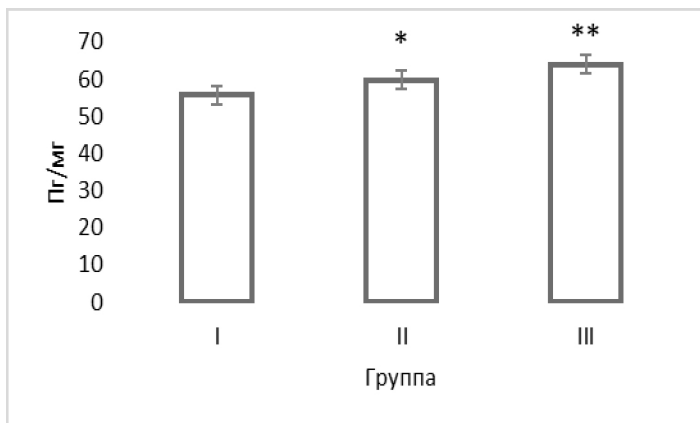


Рис. 1. Концентрация соматотропина в волосе с холки бычков герефордской породы по группам, пг/мг

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$ по сравнению с I группой

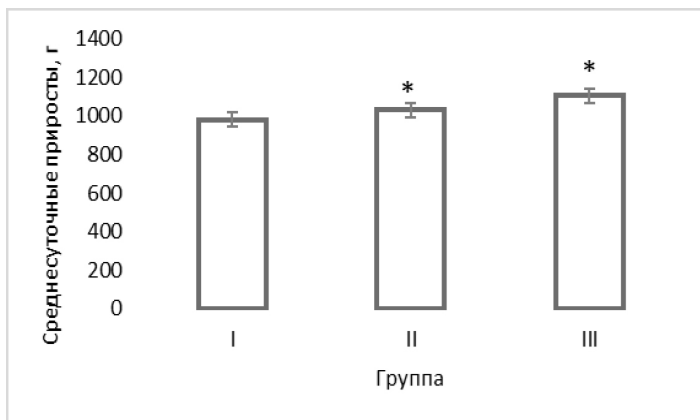


Рис. 2. Среднесуточные приросты бычков герефордской породы в период 15-18 месяцев в зависимости от концентрации соматотропина организме, оцененного по его содержанию в волосе с холки, г

Примечание: * - $P \leq 0,05$ по сравнению с I группой

Как видно из полученных данных, бычки с минимальным уровнем соматотропина в волосах с холки уступали сверстникам с максимальными и средними значениями концентраций по величине среднесуточных приростов на 4,75 % ($P \leq 0,05$) и 11,29 % ($P \leq 0,05$), соответственно.

Различия по интенсивности роста за изучаемый период закономерно определили различия по живой массе между бычками сравниваемых групп (рис. 3).

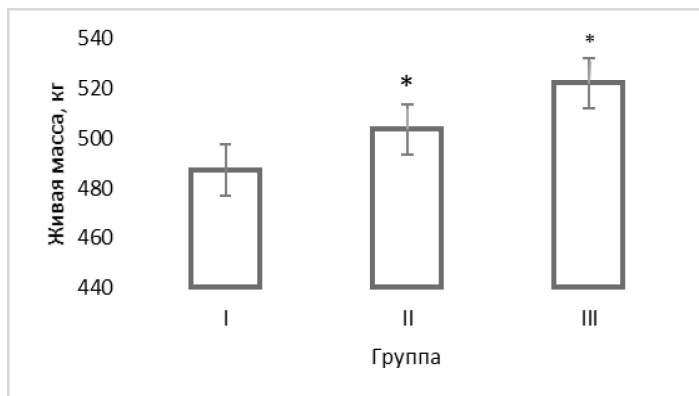


Рис. 3. Живая масса бычков герефордской породы в возрасте 18 мес. в зависимости от уровня концентрации соматотропина в волосах с холки

Примечание: * - $P \leq 0,05$ по сравнению с I группой

Так, было установлено, что бычки II и III групп по живой массе в возрасте 18 месяцев превосходили аналогов из I группы на 3,4 ($P \leq 0,05$) и 7,2 % ($P \leq 0,05$).

Результаты оценки мясной продуктивности показали, что концентрация соматотропина в волосе оказывала существенное влияние на выход продуктов убоя от подопытных бычков (табл. 1).

Таблица 1.

Результаты контрольного убоя бычков герефордской породы в зависимости от уровня концентрации соматотропина в волосах с холки

Показатель	Группа		
	I	II	III
Предубойная живая масса, кг	474,96±5,37	491,88±6,24 ^a	512,28±5,86 ^{bc}
Масса туши, кг	270,92±3,11	282,63±3,54 ^a	296,97±3,46 ^{bc}
Выход туши, %	57,04±0,342	57,46±0,418	57,97±0,411
Масса внутреннего жира-сырца, кг	14,38±0,268	14,12±0,232	13,25±0,241 ^{bc}
Выход внутреннего жира-сырца, %	3,03±0,164	2,87±0,158	2,59±0,142 ^b
Убойная масса, кг	285,30±2,86	296,75±2,94 ^a	310,22±3,34 ^{bc}
Убойный выход, %	60,07±0,32	60,33±0,34	60,56±0,38

Примечание: ^a - $P \leq 0,05$ – II группа по сравнению с I; ^b - $P \leq 0,05$ – III группа по сравнению с I; ^c - $P \leq 0,05$ – III группа по сравнению со II.

Из полученных данных видно, что животные II и III групп превосходили сверстников из I группы по предубойной живой массе на 3,56 (P£0,05) и 7,86 (P£0,05) % (P£0,05), массе туши – на 4,32 % (P£0,05) и 9,62 % (P£0,05), убойной массе – на 4,01 (P£0,05) и 8,73 % (P£0,05). Примечателен тот факт, что бычки с максимальным уровнем соматотропина в волосах накапливали меньше жира в тушах, как в фактическом (масса внутреннего жира-сырца), так и относительном (выход внутреннего жира-сырца) выражении по сравнению с особями с минимальными значениями этих показателей на 7,86 (P£0,05) и 0,44 % (P£0,05), соответственно. При этом не смотря на наличие тенденции к снижению массы и выхода внутреннего жира-сырца между животными I и II групп, достоверной разницы по величине изучаемых показателей не наблюдалось.

С целью получения представления пищевой ценности продуктов убоя, нами был изучен морфологический состав туш, который в большей степени характеризует их мясные качества бычков (табл. 2).

Таблица 2.

Морфологический состав туш бычков герефордской породы в зависимости от уровня концентрации соматотропина в волосе с холки

Показатель	Группа		
	I	II	III
Масса охлажденной туши, кг	266,8±3,09	278,7±3,52 ^a	293,1±3,41 ^{bc}
Масса мякоти, кг	212,0±2,16	222,7±2,74 ^a	235,0±2,83 ^{bc}
Выход мякоти, %	79,46±0,224	79,91±0,312	80,18±0,338
Мышечная ткань, кг	188,19±1,67	198,53±1,84 ^a	210,5±2,08 ^{bc}
Мышечная ткань, % от массы мякоти	88,74±0,308	89,13±0,316	89,57±0,424
Масса костей, кг	45,43±0,324	46,36±0,342 ^a	48,31±0,421 ^{bc}
Выход костей, %	17,02±0,162	16,63±0,212	16,48±0,252
Масса сухожилий и связок, кг	9,39±0,112	9,64±0,202	9,79±0,187
Выход сухожилий и связок, %	3,52±0,232	3,46±0,234	3,34±0,234
Индекс мясности	4,67±0,124	4,81±0,176	4,87±0,162
Показатель пищевой ценности	3,87±0,084	3,98±0,168	4,05±0,134

Примечание: ^a - P£0,05 – II группа по сравнению с I; ^b - P£0,05 – III группа по сравнению с I; ^c - P£0,05 – III группа по сравнению со II.

Результаты оценки морфологического состава туш показали, что бычки II и III групп превосходили сверстников из I группы по массе охлажденной туши на 4,6 (P£0,05) и 9,86 % (P£0,05), массе мякоти – на 5,05 (P£0,05) и 10,8 % (P£0,05), содержанию мышечная ткани – на 5,49 (P£0,05) и 11,9

% ($P \leq 0,05$), массе костей – на 2,05 ($P \leq 0,05$) и 6,33 % ($P \leq 0,05$). При этом следует отметить, что увеличение фактической массы мякоти, мышечной ткани и костей в тушах происходило соразмерно с увеличением массы охлажденной туши, что обусловило отсутствие достоверной разницы по относительному выходу этих составляющих туши.

Анализ данных, полученных в ходе проведенного эксперимента, свидетельствует о том, что состав средней пробы мяса-фарша отобранных от туш бычков в разрезе групп также имел существенные различия (табл. 3).

Таблица 3.

Химический состав средней пробы мяса бычков герефордской породы в зависимости от уровня концентрации соматотропина в волосе с холки

Показатель	Группа		
	I	II	III
Сухое вещество, %	30,9±0,628	30,73±0,546	30,46±0,612
Протеин, %	18,64±0,124	18,87±0,112	19,02±0,101 ^b
Жир, %	11,26±0,152	10,87±0,134	10,43±0,146 ^{bc}
Зола, %	1,0±0,072	0,993±0,068	1,01±0,074
Синтезировано в мякоти, кг:			
протеина	39,53±1,246	42,03±1,324	44,71±1,362 ^b
жира	23,88±0,642	24,21±0,524	24,52±0,576
Энергетическая ценность 1 кг мякоти, МДж	7,58±0,162	7,47±0,148	7,33±0,154
Энергетическая ценность мякоти туши, МДж	1608,4±14,32	1664,3±16,88 ^a	1722,0±15,44 ^{bc}

Примечание: ^a - $P \leq 0,05$ – II группа по сравнению с I; ^b - $P \leq 0,05$ – III группа по сравнению с I; ^c - $P \leq 0,05$ – III группа по сравнению со II

Так, было установлено, что бычки с минимальными уровнем соматотропина в волосах с холки превосходили животных с максимальными значениями этого показателя по относительному содержанию жира в средней пробе мяса-фарша на 0,83 % ($P \leq 0,05$), при этом уступали им по накоплению протеина в туше и мякоти на 0,38 ($P \leq 0,05$) и 11,59 % ($P \leq 0,05$), соответственно. Сравнительный анализ данных по оценке энергетической ценности мяса выявил, что энергетическая ценность 1 кг мякоти в средней пробе мяса-фарша, полученного от бычков опытных групп, не имела существенных различий в разрезе изучаемых групп. Вместе с тем, не смотря на данное обстоятельство, в нашем эксперименте отмечалось достоверное увеличение энергетической ценности мякоти всей туши, по мере

повышения концентрации соматотропина в волосах II и III групп относительно I группы на 3,48 (P£0,05) и 7,06 % (P£0,05), соответственно, что явилось следствием более высокого отложения протеина в мякоти туш бычков этих групп.

С целью получения, более полного представления об особенностях формирования химического состава туш, особое внимание уделяют исследованию отдельных мышц. Практика показывает, что в подавляющем большинстве случаев, для этого проводят анализ длиннейшей мышцы спины, который наиболее объективно отражает качественные характеристики мышечной ткани всей туши. Химический состав длиннейшей мышцы спины бычков герефордской породы в зависимости от уровня соматотропина в волосах с холки представлен в таблице 4.

Таблица 4.

**Химический состав длиннейшей мышцы спины бычков
герефордской породы в зависимости от уровня концентрации
соматотропина в волосах с холки**

Показатель	Группа		
	I	II	III
Сухое вещество, %	23,89±0,202	23,91±0,214	23,84±0,231
Протеин, %	21,06±0,128	21,16±0,102	21,48±0,136 ^b
Жир, %	1,84±0,086	1,76±0,092	1,36±0,104 ^{bc}
Зола, %	0,99±0,054	0,99±0,062	1,00±0,051
Энергетическая ценность 1 кг мякоти, МДж	4,33±0,124	4,32±0,116	4,22±0,087
pH	5,72±0,104	5,70±0,108	5,58±0,098
Влагоёмкость, %	55,82±0,642	55,76±0,523	55,89±0,471

Примечание: ^a - P£0,05 – II группа по сравнению с I; ^b - P£0,05 – III группа по сравнению с I; ^c - P£0,05 – III группа по сравнению со II.

Анализ полученных данных показал, что уровень соматотропина оказывал значительное влияние на химический состав длиннейшей мышцы спины. В частности, было установлено, что показатель относительного накопления жира, у бычков III группы был ниже по отношению к животным I группы на 0,48 (P£0,05). При этом в длиннейшей мышце бычков этой группы, напротив, отмечалось повышенное на 0,42 % (P£0,05), соответственно, содержание протеина.

Пищевая ценность мяса во многом определяется такими показателями как, аминокислотный и жирнокислотный состав. В нашем эксперименте

установлено, что аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины изменялся в зависимости от концентрации соматотропина в волосе с холки (табл. 5).

Таблица 5.

**Аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины бычков
геррефордской породы в зависимости от уровня концентрации
соматотропина в волосе с холки**

Аминокислоты	Группа		
	I	II	III
Аргинин	7,15±0,199	7,35±0,205	7,18±0,183
Лизин	9,22±0,1637	9,31±0,2112	9,553±0,0877
Тирозин	3,24±0,0402	3,28±0,0587	3,37±0,0582
Фенилаланин	4,11±0,0329	4,07±0,0424	4,01±0,0531 ^b
Гистидин	3,17±0,0285	3,24±0,0312 ^a	3,19±0,0479
Лейцин+Изолейцин	9,18±0,0897	9,33±0,0819	9,52±0,0691 ^b
Метионин	2,03±0,0512	2,17±0,0467 ^a	2,25±0,0539 ^b
Валин	4,05±0,0526	4,09±0,0483	4,18±0,0605 ^b
Пролин	5,26±0,0579	5,33±0,0549	5,16±0,0713
Треонин	5,18±0,0899	5,33±0,0313	5,29±0,0493
Серин	4,33±0,0505	4,24±0,0419	4,19±0,0533 ^b
Аланин	6,59±0,1385	6,45±0,1378	6,64±0,0471
Глицин	4,12±0,0817	4,28±0,0715	4,22±0,0512
Триптофан, мг/%	369,2±6,88	389,2±7,62	392,4±7,33 ^b
Оксипролин, мг/%	55,1±0,524	55,12±0,64	54,3±0,539
Белково-качественный показатель, ед	6,70±0,215	7,06±0,112	7,23±0,136 ^b

Примечание: ^a - $P \leq 0,05$ – II группа по сравнению с I; ^b - $P \leq 0,05$ – III группа по сравнению с I

Как видно из полученных данных уровень соматотропина имел неоднозначное влияние на изменение аминокислотного состава длиннейшей мышцы спины у подопытных бычков. Остановившись на отдельных аспектах следует отметить, что по мере увеличения уровня соматотропина от минимального (I группа) к максимальному (III группа) происходило увеличение уровня комплекса аминокислот лейцин+изолейцин на 3,70 % ($P \leq 0,05$) и триптофана – на 6,28 %. При этом средняя концентрация соматотропина в волосах (II группа) сопровождалась достоверным увеличением концентрации гистидина – на 2,21 % ($P \leq 0,05$). Единственным

устойчивым трендом в данном случае, являлось поэтапное увеличение концентраций аминокислоты – метионина, средние значения которой повышались в образцах мышц бычков II и III групп относительно I группы на 6,90 ($P \leq 0,05$) и 10,8 % ($P \leq 0,05$). Концентрации фенилаланина и серина при этом достоверно снижались на величину 2,43 ($P \leq 0,05$) и 3,23 % ($P \leq 0,05$), соответственно. С целью получения представления о биологической ценности длиннейшей мышце спины, полученного от бычков, нами был рассчитан белково-качественный показатель, который определяется по соотношению незаменимой аминокислоты – триптофана к оксипролину в длиннейшей мышце спины. В результате установлено, что величина белково-качественного показателя у животных III группы была выше по отношению к животным I группы на 7,91 % ($P \leq 0,05$).

Оценка жирнокислотного состава длиннейшей мышцы спины показала, что вариабельность данного показателя значительно определялась под действием уровня соматотропина в организме оцененного по его содержанию в волосе с холки (табл. 6).

Таблица 6.

**Жирнокислотный состав длиннейшей мышцы спины бычков
геррефордской породы в зависимости от уровня концентрации
соматотропина в волосе с холки**

Кислоты	Группа		
	I	II	III
Насыщенные жирные кислоты (НЖК)			
Пальмитиновая ($C_{16:0}$)	28,52±0,202	29,37±0,231 ^a	29,59±0,191 ^b
Стеариновая ($C_{18:0}$)	23,38±0,303	22,85±0,288	22,97±0,283
Миристиновая ($C_{14:0}$)	3,25±0,0933	3,44±0,0715	2,97±0,0822 ^b
Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)			
Миристолеиновая ($C_{14:1}$)	4,21±0,203	3,79±0,189	4,03±0,174
Пальмитолеиновая ($C_{16:1}$)	4,15±0,0715	4,27±0,0681	3,89±0,0598 ^b
Олеиновая ($C_{18:1}$)	45,74±0,415	46,98±0,432	45,85±0,398
Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)			
Линолевая ($C_{18:2}$)	4,51±0,0644	4,41±0,0659	4,34±0,0531
Линоленовая ($C_{18:3}$)	0,678±0,0478	0,615±0,0536	0,565±0,0512
Арахидоновая ($C_{20:4}$)	1,55±0,0454	1,61±0,0472	1,52±0,0339

Примечание: ^a - $P \leq 0,05$ – II группа по сравнению с I; ^b - $P \leq 0,05$ – III группа по сравнению с I

В частности, было установлено, что максимальный уровень концентрации соматотропина в волосах ассоциировался с меньшим содержанием в структуре липидов ткани длиннейшей мышцы миристиновой и пальмитиновой кислот. Следует отметить, что как во II, так и в III группах, рост уровня концентрации соматотропина в волосе сопровождался увеличением синтеза ненасыщенной пальмитиновой кислоты на величину 3,22 % ($P \leq 0,05$) и 3,49 % ($P \leq 0,05$), соответственно по отношению к I группе.

Результаты суммарного содержания жирных кислот в длиннейшей мышце спины бычков герефордской породы в зависимости от уровня соматотропина в волосе с холки представлены на рисунке 4.

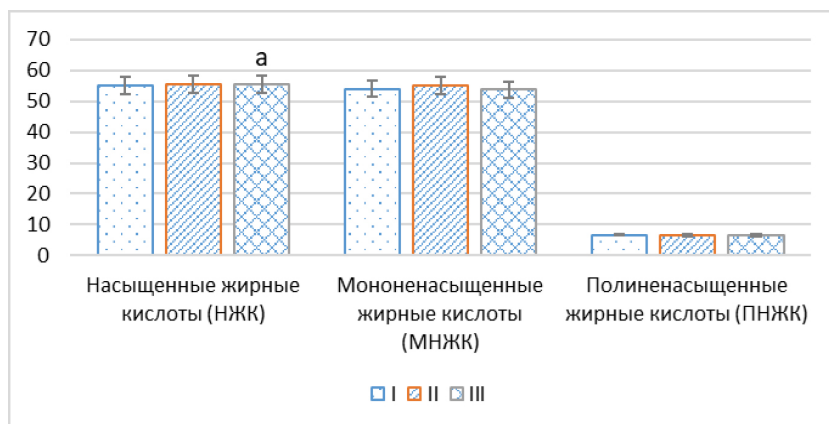


Рис. 4. Суммарное содержание жирных кислот в длиннейшей мышце спины герефордской породы в зависимости от уровня концентрации соматотропина в волосе с холки

Примечание: ^a - $P \leq 0,05$ – III группа по сравнению с I

Установлено, что разница по содержанию отдельных жирных кислот, наблюдаемая, по мере увеличения уровня соматотропина в разрезе изучаемых групп сопровождалось повышением суммарного содержания только ненасыщенных кислот в мясе на величину 0,8 % ($P \leq 0,05$) у животных с максимальным уровнем соматотропина по отношению особям с минимальными значениями этого показателя.

Элементный состав длиннейшей мышцы спины бычков также значительно изменялся под действием концентрации соматотропина в волосе (табл. 6).

Таблица 6.

**Элементный состав длиннейшей мышцы спины бычков
герфордской породы в зависимости от уровня концентрации
соматотропина в волосе с холки, мг/г**

Элементы	Group		
	I	II	III
Макроэлементы			
Na	3275,1±13,5	3282,5±15,89	3315,2±15,82
Mg	1198,1±18,3	1214,3±17,12	1194,1±21,16
P	9496,6±152,9	9456,7±139,7	9306,2±147,1
K	17401,2±396,3	17331,2±365,5	17121,9±376,5
Ca	327,6±3,32	356,7±3,83	396,84±4,23
Эссенциальные элементы			
Mn	0,952±0,0274	0,899±0,0303	0,998±0,0317
Co	0,0232±0,0022	0,0249±0,0029	0,0258±0,0029
Cu	3,28±0,0275	3,23±0,0292	3,34±0,0293 ^b
I	0,352±0,0184	0,392±0,0219 ^a	0,399±0,0207 ^b
Cr	2,31±0,233	2,38±0,183	2,39±0,196
Fe	221,6±7,64	202,7±8,37	248,5±8,83
Zn	248,1±2,52	267,6±2,86	265,2±2,15 ^b
Se	0,754±0,0358	0,841±0,0407 ^a	0,891±0,0408 ^b
Условно-эссенциальные элементы			
B	1,82±0,0483	1,73±0,0445	1,72±0,0415
Ni	0,719±0,0816	0,905±0,0884	0,909±0,112
Ga	0,0134±0,0024	0,0151±0,0015	0,0143±0,0019
Ag	0,0095±0,0036	0,0073±0,0029	0,0068±0,0033
In	0,0021±0,0001	0,0022±0,0001	0,0022±0,0002
Ba	0,124±0,0105	0,121±0,0096	0,117±0,0091
Tl	0,0248±0,0013	0,0231±0,0014	0,0272±0,0009
Bi	0,0069±0,0002	0,0064±0,0003 ^a	0,0068±0,0003
Токсичные элементы			
Al	36,22±2,73	29,94±2,26	27,57±2,58
Sr	0,512±0,0719	0,501±0,0654	0,464±0,0189
Cd	0,0039±0,0002	0,0035±0,0002	0,0035±0,0002
Pb	0,0991±0,0074	0,0898±0,0076	0,0833±0,0072 ^b
As	0,0311±0,0028	0,0313±0,0035	0,0305±0,0031

Примечание: ^a - P£0,05 – II группа по сравнению с I; ^b - P£0,05 – III группа по сравнению с I

В частности, было установлено, что в образцах длиннейшей мышцы, полученных от животных II группы, содержалось больше Bi . В тоже время в длиннейшей мышце спины животных III группы содержалось больше Ca , Cu и Zn , что фиксировалось на фоне относительно низких концентраций Pb . Общей закономерностью для образцов мышц II и III опытных групп, являлась тенденция к достоверному повышению концентраций I – на 11,4 ($P \leq 0,05$) и 13,4 % ($P \leq 0,05$); Se – на 11,5 ($P \leq 0,05$) и 18,2 % ($P \leq 0,05$), соответственно по отношению к бычкам I группы.

Обсуждение

Использование анализа волос становится все более распространенным инструментом, позволяющим в долгосрочной перспективе оценить воздействие экзогенных, так и эндогенных факторов на организм животного и человека [26]. Наибольший задел по использованию волос в качестве биосубстрата для оценки хронических отклонений в метаболизме сельскохозяйственных животных создан в биоэлементологии. В рамках развития данного направления, ученым за короткий промежуток времени, удалось проделать работу по созданию неинвазивных технологий оценки и коррекции элементного статуса молочных, мясных коров, а также спортивных лошадей [30,35]. Практика оценки гормонального статуса крупного рогатого скота по содержанию гормонов в волосе, пока не получила широкого распространения в животноводстве. Литературный анализ 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 молочных коров [7; 16; 17; 27]. Результаты этой оценки показали связь уровня кортизола, оценённого по его концентрации в волосах со среднесуточным удоём, сроком стельности [9], уровнем соматических клеток в молоке [41], количеством отелов [13], уровнем кровности [36] и технологией содержания [24]. При этом, в доступной литературе практически полностью отсутствуют данные по оценке влияния долгосрочных изменений гормонального статуса, оцененного по содержанию гормонов в волосе, на показатели мясной продуктивности и качество мяса бычков, что, учитывая важность эндокринной системы в процессе реализации продуктивных качеств мясного скота, представляет определенный интерес для дальнейшего изучения. Забегая в перед, важно отметить, что настоящее исследование, является первым этапом на пути к разработке комплексной технологии «ретроспективной» оценки и кор-

рекции гормонального статуса с целью повышения продуктивных качеств мясного скота. Дальнейшая работа в данном направлении предполагает разработку стандартизированной методики отбора и пробоподготовки образцов волос для оценки гормонального статуса; определение референтных интервалов концентраций гормонов в волосе высокопродуктивных бычков, которые могли бы быть использованы в качестве физиологической нормы при индивидуальной оценке гормонального статуса животных; разработку практических рекомендаций по коррекции гормонального статуса мясного скота в периоды дорастивания и откорма.

Одним из наиболее изученных и важных гормонов для крупного рогатого скота, является гормон роста – соматотропин [19]. Воздействие соматотропина на продуктивные качества животных является предметом научного интереса уже более 80 лет. Еще в далеком 1937 году Asimov G.J., Krouze N.K впервые продемонстрировали, что инъекции сырых экстрактов гипофиза убитых животных увеличивают продуктивные качества мясного скота [5]. В настоящее время, модуляция гормонального статуса все чаще рассматривается в качестве эффективного инструмента для повышения мясной продуктивности бычков в период откорма [18; 25; 37]. Так, было установлено, что дополнительное введение соматотропина способствовало увеличению выхода туши и содержания мякоти в тушах животных после откорма [6]. В других исследованиях было показано, что дополнительное введение гормона роста способствует росту мышечной массы исключительно у молодых животных с выявленным дефицитом соматотропина и не влияет на продуктивные качества животных с нормальным гормональным статусом и старых особей [23]. Однако, не смотря на в целом положительное влияние дополнительного включения соматотропина на продуктивные качества крупного рогатого скота, в отдельных исследованиях отмечается риск возникновения негативных эффектов на фоне избыточного поступления соматотропина в организм животных. В частности, было отмечено, что бесконтрольное введение соматотропина может вызывать отёки мягких тканей, аллергию, а также нарушения метаболизма глюкозы у крупного рогатого скота [39].

Проводя параллели с результатами нашего эксперимента, следует отметить, что животные с максимальным уровнем соматотропина в волосе имели наивысшие показатели скорости весового роста за предшествующий отбору образцов период откорма. Объяснение данного факта, возможно с учетом ранее проведенных исследований, в которых продемонстрировано повышение потребления, переваримости и конверсии питательных веществ

рационов в ответ на включение дополнительных источников соматотропина, что вероятно связано с увеличением концентрации короткоцепочечных жирных кислот в рубце [6]. Закономерно, что увеличение интенсивности весового роста, а следовательно, и живой массы к завершению откорма, оказало заметное влияние на показатели мясной продуктивности подопытных бычков, что выражалось в достоверном увеличении предубойной и убойной массы у бычков с максимальным уровнем соматотропина. Вместе с тем, значительные различия, обнаруженные в нашем исследовании при оценке, химического состава средней пробы мяса-фарша и длиннейшей мышцы спины, заслуживают отдельного внимания. Так, убывало установлено, что у бычков с максимальной концентрацией соматотропина в волосе с холки отмечались повышенные уровни протеина в длиннейшей мышце спины, что фиксировалось на фоне снижения концентрации жира. Это объясняется тем, что соматотропин влияет на выработку гормонов инсулиноподобного фактора роста и инсулина, главным образом из печени, которые обеспечивают анаболический эффект – повышают синтез белка в мышцах, соединительной ткани и снижают его распад. Помимо этого, соматотропин вызывает липолиз и увеличивает доступность жирных кислот для липидного обмена и, следовательно, оказывает действие, противоположное инсулину [40]. Это означает, что он играет важную роль в периферическом метаболизме и ограничивает синтез жира в организме [8,20]. Остановившись на отдельных показателях качественных характеристик мяса, полученных в нашем эксперименте следует отметить, что повышение уровня соматотропина в волосе сопровождалось повышением суммарного содержания ненасыщенных кислот в длиннейшей мышце спины. Литературный анализ показал, что не смотря на отсутствие доступной информации, объясняющей фундаментальные причины выявленной закономерности, в отдельных ранее проведенных работах приводятся аналогичные нашим данные, демонстрирующие повышение общего уровня мононенасыщенных жирных кислот в образцах мышц отобранных при убое бычков голштинской породы получавших инфекции соматотропина [28]. Другим характерным эффектом от повышения уровня соматотропина в организме крупного рогатого скота, является изменение метаболизма аминокислот. В нашем исследовании было установлено повышение уровня ряда незаменимых аминокислот, таких метионин, валин, триптофан в длиннейшей мышце спины на фоне роста концентрации соматотропина в волосе. Схожая динамика была описана другими авторами в экспериментах по изучению влияния инъекций синтетического соматотропина на мясные качества животных [14]. По мнению авторов соматотропин

у растущих животных повышает метаболическую эффективность использования аминокислот, за счет минимизации потери белка в процессе усвоения корма и увеличения процесса протеолиза. Такое сохранение аминокислот приводит к улучшению баланса белка и, вероятно, способствует снижению концентрации циркулирующих аминокислот, в крови [43].

Заключение

Можно констатировать, что уровень концентрации соматотропина в волосах с холки, тесно связан интенсивностью весового роста, мясной продуктивностью и качеством мяса бычков герефордской породы. Данный факт, позволяет рассматривать волос в качестве информативного биосубстрата для определения долгосрочных изменений уровня соматотропина в организме, при разработке и проведении мероприятий, направленных на повышение мясной продуктивности бычков. В тоже время, дальнейшим этапом развития данного направления, должно стать решение задачи по определению референтных интервалов концентрации соматотропина в волосе высокопродуктивных бычков для объективной оценки полученных лабораторных результатов и при необходимости принятию решений по коррекции гормонального статуса.

Заключение комитета по этике. Протокол настоящего расследования был одобрен Местным комитетом по этике Оренбургского государственного университета, Оренбург, Россия (Протокол № 859 от 31 мая 2024 г.). Все исследования на животных проводились в соответствии с этическими нормами, изложенными в Хельсинкской декларации 1964 года и более поздних поправках к ней.

Информированное согласие. Информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту № 24-16-00093.

Список литературы

1. Калашников, А. П., Фисинин, В. И., Щеглов, В. В., & Первов, Н. Г. (2003). *Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных*. Москва: Знание. 456 с. ISBN: 5-94587-093-5 EDN: <https://elibrary.ru/PXQMHL>

2. Кононенко, С. И., Харламов, А. В., Завьялов, О. А., & Харламов, В. А. (2009). Продуктивность бычков, полученных в разные сезоны года. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 19, 197-203. EDN: <https://elibrary.ru/KVLOCL>
3. Харламов, А. В., Завьялов, О. А., Фролов, А. Н., Курилкина, М. Я., & Королёв, В. Л. (2017). Эффективность производства говядины при различных технологиях доращивания и откорма. *Вестник мясного скотоводства*, (2), 93-99. EDN: <https://elibrary.ru/YTOCPP>
4. Anh, N. T. L., Kunhareang, S., & Duangjinda, M. (2015). Association of Chicken Growth Hormones and Insulin-like Growth Factor Gene Polymorphisms with Growth Performance and Carcass Traits in Thai Broilers. *Asian-Australas J Anim Sci*, 28, 1686-1695. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0028>
5. Asimov, G. J., & Krouze, N. K. (1937). The lactogenic preparations from the anterior pituitary and the increase of milk yield in cows. *J Dairy Sci*, 20, 289-306.
6. Aytac, A. K., Bilal, A. K., & Davut, B. (2015). Determination of the alui polymorphism effect of bovine growth hormone gene on carcass traits in Zavot cattle with analysis of covariance. *Turk J Vet Anim Sci*, 39, 16-22.
7. Baier, F., Grandin, T., Engle, T., & Edwards-Callaway, L. (2019). Evaluation of Hair Characteristics and Animal Age on the Impact of Hair Cortisol Concentration in Feedlot Steers. *Front Vet Sci*, 6, 323. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00323>
8. Berryman, D. E., & List, E. O. (2017). Growth Hormone's effect on adipose tissue: quality versus quantity. *Int J Mol Sci*, 8, 1621.
9. Braun, U., Michel, N., Baumgartner, M. R., Hässig, M., & Binz, T. M. (2017). Cortisol concentration of regrown hair and hair from a previously unshorn area in dairy cows. *Res Vet Sci*, 114, 412-415. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.07.005>
10. Bristow, D. J., & Holmes, D. S. (2007). Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Phys Behav*, 90, 626-638. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.11.015>
11. Brown-Borg, H. M. (2009). Hormonal control of aging in rodents: the somatotrophic axis. *Mol Cell Endocrinol*, 299, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2008.07.001>
12. Burnard, C., Ralph, C., Hynd, P., Hocking Edwards, J., & Tilbrook, A. (2017). Hair cortisol and its potential value as a physiological measure of stress response in human and non-human animals. *Anim Prod Sci*, 57, 401-414. <https://doi.org/10.1071/AN15622>

13. Burnett, T. A., Madureira, A. M., Silper, B. F., Tahmasbi, A., Nadalin, A., Veira, D. M., & Cerri, R. L. (2015). Relationship of concentrations of cortisol in hair with health, biomarkers in blood, and reproductive status in dairy cows. *J Dairy Sci*, 98(7), 4414-4426. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8871>
14. Bush, J. A., Wu, G., Suryawan, A., Nguyen, H. V., & Davis, T. A. (2002). Somatotropin-induced amino acid conservation in pigs involves differential regulation of liver and gut urea cycle enzyme activity. *The Journal of Nutrition*, 132(1), 59-67. <https://doi.org/10.1093/jn/132.1.59>
15. Cantalapiedra-Hijar, G., Abo-Ismael, M., Carstens, G. E., Guan, L. L., Hegarty, R., Kenny, D. A., McGee, M., Plastow, G., Relling, A., & Ortigues-Marty, I. (2018). Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. *Animal*, 12(s2), 321-335. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001489>
16. Carrell, R. C., Smith, W. B., Kinman, L. A., Mercadante, V. R. G., Dias, N. W., & Roper, D. A. (2021). Cattle stress and pregnancy responses when imposing different restraint methods for conducting fixed time artificial insemination. *Anim Reprod Sci*, 225, 106672. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106672> EDN: <https://elibrary.ru/FSFANM>
17. Comin, A., Prandi, A., Peric, T., Corazzin, M., Dovier, S., & Bovolenta, S. (2011). Hair cortisol levels in dairy cows from winter housing to summer highland grazing. *Livest Sci*, 138, 69-73. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.12.009>
18. Dehkhoda, F., Lee, C. M. M., Medina, J., & Brooks, A. J. (2018). The growth hormone receptor: mechanism of receptor activation, cell signaling, and physiological aspects. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 9, 35. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00035>
19. Devesa, J., Almengló, C., & Devesa, P. (2016). Multiple Effects of Growth Hormone in the Body: Is it Really the Hormone for Growth? *Clin Med Insights Endocrinol Diabetes*, 9, 47-71. <https://doi.org/10.4137/CMED.S38201>
20. Dumbell, R. (2022). An appetite for growth: The role of the hypothalamic-pituitary-growth hormone axis in energy balance. *J Neuroendocrinol*, 34(6), e13133. <https://doi.org/10.1111/jne.13133> EDN: <https://elibrary.ru/UVOOVW>
21. Flores, J., García, J. E., Mellado, J., Gaytán, L., de Santiago, Á., & Mellado, M. (2019). Effect of growth hormone on milk yield and reproductive performance of subfertile Holstein cows during extended lactations. *Spanish J. Agric. Res*, 17(11), e0403. <https://doi.org/10.5424/sjar/2019171-13842> EDN: <https://elibrary.ru/REWXBZ>
22. Florini, J. R., Ewton, D. Z., & Coolican, S. A. (1996). Growth hormone and the insulin-like growth factor system in myogenesis. *Endocr Rev*, 17, 481-517. <https://doi.org/10.1210/edrv-17-5-481>

23. Furigo, I. C., Teixeira, P. D. S., & de Souza, G. O. (2019). Growth hormone regulates neuroendocrine responses to weight loss via AgRP neurons. *Nat Commun*, 1, 662. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08607-1> EDN: <https://elibrary.ru/HMFRHT>
24. Ghassemi Nejad, J., Lee, B. H., Kim, J. Y., Chemere, B., Sung, K. I., & Lee, H. G. (2021). Effect of alpine grazing on plasma and hair cortisol, serotonin, and DHEA in dairy cows and its welfare impact. *Domest Anim Endocrinol*, 75, 106581. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106581> EDN: <https://elibrary.ru/NFZMZK>
25. Gómez, C. A., Fernández, M., Franco, N., & Cueva, R. (2022). Effect of two formulations of recombinant bovine somatotropin on milk production and body condition of cattle under intensive management in Peru. *Trop Anim Health Prod*, 54(2), 96. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03036-z> EDN: <https://elibrary.ru/MZNKYE>
26. Gow, R., et al. (2010). An assessment of cortisol analysis in hair and its clinical applications. *Forensic science international*, 196(1-3), 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.12.040>
27. Heimbürge, S., Kanitz, E., Tuchscherer, A., & Otten, W. (2020). Within a hair's breadth — Factors influencing hair cortisol levels in pigs and cattle. *Gen Comp Endocrinol*, 1(288), 113359. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.113359>
28. Holzer, Z., Aharoni, Y., Brosh, A., Orlov, A., Veenhuizen, J., & Kasser, T. R. (1999). The effects of long-term administration of recombinant bovine somatotropin (Posilac) and Synovex on performance, plasma hormone and amino acid concentration, and muscle and subcutaneous fat fatty acid composition in Holstein-Friesian bull calves. *Journal of Animal Science*, 77(6), 1422-1430. <https://doi.org/10.2527/1999.7761422x>
29. Jia, J., Ahmed, I., Liu, L., Liu, Y., Xu, Z., Duan, X., Li, Q., Dou, T., Gu, D., Rong, H., Wang, K., Li, Z., Talpur, M. Z., Huang, Y., & Wang, S., et al. (2018). Selection for growth rate and body size have altered the expression profiles of somatotrophic axis genes in chickens. *PLoS One*, 13(4), e0195378. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195378>
30. Kalashnikov, V., Zajcev, A., Atroshchenko, M., Kalinkova, L., Kalashnikova, T., Miroshnikov, S., Frolov, A., & Zav'yalov, O. (2018). The content of essential and toxic elements in the hair of the mane of the trotter horses depending on their speed. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(22), 21961-21967. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2334-2> EDN: <https://elibrary.ru/YBUALJ>
31. Levakhin, V. I., Gorlov, I. F., Azhmuldinov, E. A., Levakhin, Yu. I., Duskaev, G. K., Zlobina, E. Yu., & Karpenko, E. V. (2017). Change in physiological parameters of calves of various breeds under the transport and preslaughter stress. *Nusantara Bioscience*, 9(1), 1-5. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090101> EDN: <https://elibrary.ru/ZVTZPJ>

32. Meyer, J., Novak, M., Hamel, A., & Rosenberg, K. (2014). Extraction and analysis of cortisol from human and monkey hair. *J Vis Exp*, 24(83), e50882. <https://doi.org/10.3791/50882>
33. Miroshnikov, S., Kharlamov, A., Zavyalov, O., Frolov, A., Duskaev, G., Bolodurina, I., & Arapova, O. (2015). Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(9), 632-636. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636> EDN: <https://elibrary.ru/UZXNBR>
34. Miroshnikov, S., Zavyalov, O., Frolov, A., Bolodurina, I., Skalny, A., Kalashnikov, V., Grabeklis, A., & Tinkov, A. (2017). The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos Taurus*). *Biological trace element Research*, 180(1), 456-462. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5> EDN: <https://elibrary.ru/XNCEKI>
35. Miroshnikov, S. A., Zavyalov, O. A., Frolov, A. N., Skalny, A. V., & Grabeklis, A. R. (2020). The reference values of hair content of trace elements in dairy cows of holstein breed. *Biological Trace Element Research*, 194(1), 145-151. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01768-6> EDN: <https://elibrary.ru/PILFQC>
36. Peric, T., Comin, A., Corazzin, M., Montillo, M., Cappa, A., Campanile, G., & Prandi, A. (2013). Short communication: hair cortisol concentrations in Holstein-Friesian and crossbreed F1 heifers. *J Dairy Sci*, 96(5), 3023-3027. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6151> EDN: <https://elibrary.ru/YDIAGD>
37. Rezaei, R., Wu, Z., Hou, Y., Bazer, F. W., & Wu, G. (2016). Amino acids and mammary gland development: nutritional implications for milk production and neonatal growth. *J Anim Sci Biotechnol*, 2(7), 20. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0078-8> EDN: <https://elibrary.ru/YDFGZI>
38. Russell, E., Koren, G., Rieder, M., & Van Uum, S. (2012). Hair cortisol as a biological marker of chronic stress: current status, future directions and unanswered questions. *Psychoneuroendocrinology*, 37, 589-601. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.09.009>
39. Skoupá, K., Šťastný, K., & Sládek, Z. (2022). Anabolic Steroids in Fattening Food-Producing Animals-A Review. *Animals (Basel)*, 18(16), 2115. <https://doi.org/10.3390/ani12162115> EDN: <https://elibrary.ru/XBKHHGY>
40. Steyn, F. J., Xie, T. Y., Huang, L., Ngo, S. T., Veldhuis, J. D., Waters, M. J., & Chen, C. (2013). Increased adiposity and insulin correlates with the progressive suppression of pulsatile gh secretion during weight gain. *J Endocrinol*, 218(2), 233-244. <https://doi.org/10.1530/JOE-13-0084>
41. Tallo-Parra, O., Carbajal, A., Monclús, L., Manteca, X., & Lopez-Bejar, M. (2018). Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation with physiological status and milk production. *Domest Anim Endocrinol*, 64, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.02.001>

42. Tallo-Parra, O., Manteca, X., Sabes-Alsina, M., Carbajal, A., & Lopez-Bejar, M. (2015). Hair cortisol detection in dairy cattle by using EIA: protocol validation and correlation with faecal cortisol metabolites. *Animal*, 9(6), 1059-1064. PMID: 25997530. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000294>
43. Vann, R. V., Nguyen, H. V., Reeds, P. J., Burrin, D. G., Fiorotto, M. L., Steele, N. C., Deaver, D. R., & Davis, T. A. (2000). Somatotropin increases protein balance by lowering body protein degradation in fed, growing pigs. *Am. J. Physiol*, 278, E477-E483. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2000.278.3.E477>
44. Zavyalov, O. A., Frolov, A. N., Medetov, E. S., Aldyyarov, T. B., & Sycheva, I. N. (2024). Effect of the level of somatotropin hormone in blood serum on the meat productivity of Aberdeen angus bulls. *BIO Web of Conferences*, 121, 02009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202412102009> EDN: <https://elibrary.ru/IVUBIA>

References

1. Kalashnikov, A. P., Fisinin, V. I., Shcheglov, V. V., & Pervov, N. G. (2003). *Norms and rations for feeding farm animals*. Moscow: Znanie. 456 p. ISBN: 5-94587-093-5 EDN: <https://elibrary.ru/PXQMHL>
2. Kononenko, S. I., Kharlamov, A. V., Zavyalov, O. A., & Kharlamov, V. A. (2009). Productivity of bulls born in different seasons of the year. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 19, 197-203. EDN: <https://elibrary.ru/KVLOCL>
3. Kharlamov, A. V., Zavyalov, O. A., Frolov, A. N., Kurilkina, M. Ya., & Korolev, V. L. (2017). Efficiency of beef production under different technologies of rearing and fattening. *Bulletin of Meat Cattle Breeding*, (2), 93-99. EDN: <https://elibrary.ru/YTOCPP>
4. Anh, N. T. L., Kunhareang, S., & Duangjinda, M. (2015). Association of Chicken Growth Hormones and Insulin-like Growth Factor Gene Polymorphisms with Growth Performance and Carcass Traits in Thai Broilers. *Asian-Australas J Anim Sci*, 28, 1686-1695. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0028>
5. Asimov, G. J., & Krouze, N. K. (1937). The lactogenic preparations from the anterior pituitary and the increase of milk yield in cows. *J Dairy Sci*, 20, 289-306.
6. Aytac, A. K., Bilal, A. K., & Davut, B. (2015). Determination of the alui polymorphism effect of bovine growth hormone gene on carcass traits in Zavot cattle with analysis of covariance. *Turk J Vet Anim Sci*, 39, 16-22.
7. Baier, F., Grandin, T., Engle, T., & Edwards-Callaway, L. (2019). Evaluation of Hair Characteristics and Animal Age on the Impact of Hair Cortisol Concentration in Feedlot Steers. *Front Vet Sci*, 6, 323. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00323>

8. Berryman, D. E., & List, E. O. (2017). Growth Hormone's effect on adipose tissue: quality versus quantity. *Int J Mol Sci*, 8, 1621.
9. Braun, U., Michel, N., Baumgartner, M. R., Hässig, M., & Binz, T. M. (2017). Cortisol concentration of regrown hair and hair from a previously unshorn area in dairy cows. *Res Vet Sci*, 114, 412-415. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.07.005>
10. Bristow, D. J., & Holmes, D. S. (2007). Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Phys Behav*, 90, 626-638. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.11.015>
11. Brown-Borg, H. M. (2009). Hormonal control of aging in rodents: the somatotrophic axis. *Mol Cell Endocrinol*, 299, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2008.07.001>
12. Burnard, C., Ralph, C., Hynd, P., Hocking Edwards, J., & Tilbrook, A. (2017). Hair cortisol and its potential value as a physiological measure of stress response in human and non-human animals. *Anim Prod Sci*, 57, 401-414. <https://doi.org/10.1071/AN15622>
13. Burnett, T. A., Madureira, A. M., Silper, B. F., Tahmasbi, A., Nadalin, A., Veira, D. M., & Cerri, R. L. (2015). Relationship of concentrations of cortisol in hair with health, biomarkers in blood, and reproductive status in dairy cows. *J Dairy Sci*, 98(7), 4414-4426. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8871>
14. Bush, J. A., Wu, G., Suryawan, A., Nguyen, H. V., & Davis, T. A. (2002). Somatotropin-induced amino acid conservation in pigs involves differential regulation of liver and gut urea cycle enzyme activity. *The Journal of Nutrition*, 132(1), 59-67. <https://doi.org/10.1093/jn/132.1.59>
15. Cantalapiedra-Hijar, G., Abo-Ismael, M., Carstens, G. E., Guan, L. L., Hegarty, R., Kenny, D. A., McGee, M., Plastow, G., Relling, A., & Ortigues-Marty, I. (2018). Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. *Animal*, 12(s2), 321-335. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001489>
16. Carrell, R. C., Smith, W. B., Kinman, L. A., Mercadante, V. R. G., Dias, N. W., & Roper, D. A. (2021). Cattle stress and pregnancy responses when imposing different restraint methods for conducting fixed time artificial insemination. *Anim Reprod Sci*, 225, 106672. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106672> EDN: <https://elibrary.ru/FSFANM>
17. Comin, A., Prandi, A., Peric, T., Corazzin, M., Dovier, S., & Bovolenta, S. (2011). Hair cortisol levels in dairy cows from winter housing to summer highland grazing. *Livest Sci*, 138, 69-73. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.12.009>
18. Dehkhoda, F., Lee, C. M. M., Medina, J., & Brooks, A. J. (2018). The growth hormone receptor: mechanism of receptor activation, cell signaling, and phys-

- iological aspects. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 9, 35. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00035>
19. Devesa, J., Almengló, C., & Devesa, P. (2016). Multiple Effects of Growth Hormone in the Body: Is it Really the Hormone for Growth? *Clin Med Insights Endocrinol Diabetes*, 9, 47-71. <https://doi.org/10.4137/CMED.S38201>
 20. Dumbell, R. (2022). An appetite for growth: The role of the hypothalamic-pituitary-growth hormone axis in energy balance. *J Neuroendocrinol*, 34(6), e13133. <https://doi.org/10.1111/jne.13133> EDN: <https://elibrary.ru/UVOOVW>
 21. Flores, J., García, J. E., Mellado, J., Gaytán, L., de Santiago, Á., & Mellado, M. (2019). Effect of growth hormone on milk yield and reproductive performance of subfertile Holstein cows during extended lactations. *Spanish J. Agric. Res*, 17(11), e0403. <https://doi.org/10.5424/sjar/2019171-13842> EDN: <https://elibrary.ru/REWXBZ>
 22. Florini, J. R., Ewton, D. Z., & Coolican, S. A. (1996). Growth hormone and the insulin-like growth factor system in myogenesis. *Endocr Rev*, 17, 481-517. <https://doi.org/10.1210/edrv-17-5-481>
 23. Furigo, I. C., Teixeira, P. D. S., & de Souza, G. O. (2019). Growth hormone regulates neuroendocrine responses to weight loss via AgRP neurons. *Nat Commun*, 1, 662. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08607-1> EDN: <https://elibrary.ru/HMFRHT>
 24. Ghassemi Nejad, J., Lee, B. H., Kim, J. Y., Chemere, B., Sung, K. I., & Lee, H. G. (2021). Effect of alpine grazing on plasma and hair cortisol, serotonin, and DHEA in dairy cows and its welfare impact. *Domest Anim Endocrinol*, 75, 106581. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106581> EDN: <https://elibrary.ru/NFZMZK>
 25. Gómez, C. A., Fernández, M., Franco, N., & Cueva, R. (2022). Effect of two formulations of recombinant bovine somatotropin on milk production and body condition of cattle under intensive management in Peru. *Trop Anim Health Prod*, 54(2), 96. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03036-z> EDN: <https://elibrary.ru/MZNKYE>
 26. Gow, R., et al. (2010). An assessment of cortisol analysis in hair and its clinical applications. *Forensic science international*, 196(1-3), 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.12.040>
 27. Heimbürge, S., Kanitz, E., Tuchscherer, A., & Otten, W. (2020). Within a hair's breadth – Factors influencing hair cortisol levels in pigs and cattle. *Gen Comp Endocrinol*, 1(288), 113359. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.113359>
 28. Holzer, Z., Aharoni, Y., Brosh, A., Orlov, A., Veenhuizen, J., & Kasser, T. R. (1999). The effects of long-term administration of recombinant bovine somato-

- tropin (Posilac) and Synovex on performance, plasma hormone and amino acid concentration, and muscle and subcutaneous fat fatty acid composition in Holstein-Friesian bull calves. *Journal of Animal Science*, 77(6), 1422-1430. <https://doi.org/10.2527/1999.7761422x>
29. Jia, J., Ahmed, I., Liu, L., Liu, Y., Xu, Z., Duan, X., Li, Q., Dou, T., Gu, D., Rong, H., Wang, K., Li, Z., Talpur, M. Z., Huang, Y., & Wang, S., et al. (2018). Selection for growth rate and body size have altered the expression profiles of somatotrophic axis genes in chickens. *PLoS One*, 13(4), e0195378. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195378>
30. Kalashnikov, V., Zajcev, A., Atroshchenko, M., Kalinkova, L., Kalashnikova, T., Miroshnikov, S., Frolov, A., & Zav'yalov, O. (2018). The content of essential and toxic elements in the hair of the mane of the trotter horses depending on their speed. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(22), 21961-21967. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2334-2> EDN: <https://elibrary.ru/YBUALJ>
31. Levakhin, V. I., Gorlov, I. F., Azhmuldinov, E. A., Levakhin, Yu. I., Duskaev, G. K., Zlobina, E. Yu., & Karpenko, E. V. (2017). Change in physiological parameters of calves of various breeds under the transport and preslaughter stress. *Nusantara Bioscience*, 9(1), 1-5. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090101> EDN: <https://elibrary.ru/ZVTZPJ>
32. Meyer, J., Novak, M., Hamel, A., & Rosenberg, K. (2014). Extraction and analysis of cortisol from human and monkey hair. *J Vis Exp*, 24(83), e50882. <https://doi.org/10.3791/50882>
33. Miroshnikov, S., Kharlamov, A., Zavyalov, O., Frolov, A., Duskaev, G., Bolodurina, I., & Arapova, O. (2015). Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(9), 632-636. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636> EDN: <https://elibrary.ru/UZXNBR>
34. Miroshnikov, S., Zavyalov, O., Frolov, A., Bolodurina, I., Skalny, A., Kalashnikov, V., Grabeklis, A., & Tinkov, A. (2017). The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos Taurus*). *Biological trace element Research*, 180(1), 456-462. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5> EDN: <https://elibrary.ru/XNCEKI>
35. Miroshnikov, S. A., Zavyalov, O. A., Frolov, A. N., Skalny, A. V., & Grabeklis, A. R. (2020). The reference values of hair content of trace elements in dairy cows of holstein breed. *Biological Trace Element Research*, 194(1), 145-151. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01768-6> EDN: <https://elibrary.ru/PILFQC>
36. Peric, T., Comin, A., Corazzin, M., Montillo, M., Cappa, A., Campanile, G., & Prandi, A. (2013). Short communication: hair cortisol concentrations in Holstein-Friesian and crossbreed F1 heifers. *J Dairy Sci*, 96(5), 3023-3027. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6151> EDN: <https://elibrary.ru/YDIAGD>

37. Rezaei, R., Wu, Z., Hou, Y., Bazer, F. W., & Wu, G. (2016). Amino acids and mammary gland development: nutritional implications for milk production and neonatal growth. *J Anim Sci Biotechnol*, 2(7), 20. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0078-8> EDN: <https://elibrary.ru/YDFGZI>
38. Russell, E., Koren, G., Rieder, M., & Van Uum, S. (2012). Hair cortisol as a biological marker of chronic stress: current status, future directions and unanswered questions. *Psychoneuroendocrinology*, 37, 589-601. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.09.009>
39. Skoupá, K., Šťastný, K., & Sládek, Z. (2022). Anabolic Steroids in Fattening Food-Producing Animals-A Review. *Animals (Basel)*, 18(16), 2115. <https://doi.org/10.3390/ani12162115> EDN: <https://elibrary.ru/XBKHGY>
40. Steyn, F. J., Xie, T. Y., Huang, L., Ngo, S. T., Veldhuis, J. D., Waters, M. J., & Chen, C. (2013). Increased adiposity and insulin correlates with the progressive suppression of pulsatile gh secretion during weight gain. *J Endocrinol*, 218(2), 233-244. <https://doi.org/10.1530/JOE-13-0084>
41. Tallo-Parra, O., Carbajal, A., Monclús, L., Manteca, X., & Lopez-Bejar, M. (2018). Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation with physiological status and milk production. *Domest Anim Endocrinol*, 64, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.02.001>
42. Tallo-Parra, O., Manteca, X., Sabes-Alsina, M., Carbajal, A., & Lopez-Bejar, M. (2015). Hair cortisol detection in dairy cattle by using EIA: protocol validation and correlation with faecal cortisol metabolites. *Animal*, 9(6), 1059-1064. PMID: 25997530. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000294>
43. Vann, R. V., Nguyen, H. V., Reeds, P. J., Burrin, D. G., Fiorotto, M. L., Steele, N. C., Deaver, D. R., & Davis, T. A. (2000). Somatotropin increases protein balance by lowering body protein degradation in fed, growing pigs. *Am. J. Physiol*, 278, E477-E483. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2000.278.3.E477>
44. Zavyalov, O. A., Frolov, A. N., Medetov, E. S., Aldyyarov, T. B., & Sycheva, I. N. (2024). Effect of the level of somatotropin hormone in blood serum on the meat productivity of Aberdeen angus bulls. *BIO Web of Conferences*, 121, 02009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202412102009> EDN: <https://elibrary.ru/IVUBIA>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Завьялов Олег Александрович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»*

*ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
oleg-zavyalov83@mail.ru*

Фролов Алексей Николаевич, доктор биологических наук, заведующий отделом технологии мясного скотоводства и производства говядины

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»*

*ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
forleh@mail.ru*

Слепцов Иван Иванович, кандидат экономических наук, научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»*

*ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
saas2005@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Oleg A. Zavyalov, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Department of Beef Cattle Breeding and Beef Production Technology
*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
29, 9 Yanvarya Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
oleg-zavyalov83@mail.ru*

Alexey N. Frolov, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Beef Cattle Breeding and Beef Production Technology

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences
29, 9 Yanvarya Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
forleh@mail.ru*

Ivan I. Sleptsov, Candidate of Economic Sciences, Researcher, Department of
Beef Cattle Breeding and Beef Production Technology
*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences
29, 9 Yanvarya Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
saas2005@mail.ru*

Поступила 16.10.2024

После рецензирования 07.11.2024

Принята 15.11.2024

Received 16.10.2024

Revised 07.11.2024

Accepted 15.11.2024