

Динамика живой массы коров холмогорской породы по полиморфизму гена лептина

© 2025. Н. А. Худякова✉, И. С. Кожевникова, А. О. Ступина, И. А. Классен, А. С. Кашин

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Российская Федерация

Для улучшения эффективности молочного производства необходимо уделять внимание качеству выращивания молодняка крупного рогатого скота, рост и развитие которого зависит не только от паратипических, но и от генетических факторов. Исследовательская цель работы заключалась в выявлении связи между генотипом лептина (сайт A80V) и изменениями показателей живой массы коров холмогорской породы в разные возрастные периоды. Изучаемое поголовье включало 330 коров холмогорской породы из Архангельской области. Биоматериалом служила цельная кровь. Визуализацию результатов осуществляли с помощью электрофореза в 2%-ном агарозном геле с маркером молекулярного веса Step50 (ООО «Биолабмикс», Россия). Результаты исследования показали преобладание носителей аллеля А, следовательно генотип АА был наиболее распространенным. Животные с генотипом АВ имели самый высокий прирост живой массы за 6, 10, 12 и 18 месяцев. Возраст первого осеменения, первого отела и первого плодотворного осеменения не различался значимо. Однако обнаружены достоверные различия в живой массе при первом осеменении между группами с генотипами АВ и VV (+16,94 кг), а также между животными с генотипами АА и VV (+15,49 кг). Средний прирост живой массы в месяц также был выше у животных с генотипом АВ (+18,03±0,31 кг). Считаем, что наиболее предпочтительным генотипом гена лептина сайта A80V в выборке коров холмогорской породы является генотип АВ. Дальнейшее изучение гена лептина и его влияния поможет получить более полное представление о его роли в формировании роста живой массы у животных.

Ключевые слова: лептин, сайт A80V, крупный рогатый скот, живая масса, воспроизводительная способность

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук (FUUW-2024-0006).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Худякова Н. А., Кожевникова И. С., Ступина А. О., Классен И. А., Кашин А. С. Динамика развития живой массы коров холмогорской породы с разными генотипами гена лептина. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(1):158–165. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.158-165>

Поступила: 24.05.2024

Принята к публикации: 15.01.2025

Опубликована онлайн: 26.02.2025

Dynamics of the development of live weight in cows of the Kholmogory breed according to the polymorphism of the leptin gene

© 2025. Natalya A. Khudyakova✉, Irina S. Kozhevnikova, Aleksandra O. Stupina, Inga A. Klassen, Andrej S. Kashin

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

To improve the efficiency of dairy production, it is necessary to pay attention to the quality of rearing young cattle the growth and development of which depend not only on paratypical, but also on genetic factors. The research goal of the work was to identify the relationship between the leptin gene type (site A80V) and changes in live weight indicators in cows of the Kholmogory breed at different age periods. The studied livestock included 330 cows of the Kholmogory breed from the Arkhangelsk region. The whole blood was used as biomaterial. The results were visualized by electrophoresis in 2 % agarose gel with a molecular weight marker Step50 (Biolabmix LLC, Russia). The results of the study showed the predominance of carriers of the A allele, therefore, the AA genotype was the most common. Animals with the AV genotype had the highest weight gain over 6, 10, 12 and 18 months. The age of the first insemination, the first calving and the first fruitful insemination did not differ significantly. However, significant differences in live weight were found at the first insemination between groups with AV and VV genotypes (+16.94 kg), as well as between animals with AA and VV genotypes (+15.49 kg). The average weight gain per month was also higher in animals with the AV genotype (+18.03±0.31 kg). It has been established that the most preferred genotype of the leptin gene of the A80V site in the sample of cows of the Kholmogorsky breed is the AV genotype. The further study of the leptin gene and its effects will help to gain a more complete understanding of its role in shaping the growth of living tissue in animals.

Keywords: leptin, A80V site, cattle, live weight, reproductive ability

Acknowledgments: the research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (FUUW-2024-0006).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Khudyakova N. A., Kozhevnikova I. S., Stupina A. O., Klassen I. A., Kashin A. S. Dynamics of the development of live weight in cows of the Kholmogory breed according to the polymorphism of the leptin gene. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(1):158–165. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.158-165>

Received: 24.05.2024

Accepted for publication: 15.01.2025

Published online: 26.02.2025

Высокая молочная продуктивность коров зависит от динамики их развития и прироста в период выращивания. Данные характеристики развития определяют время начала охоты и возможность проведения первого осеменения. Следовательно, успех в молочном животноводстве напрямую зависит от того, насколько эффективно организован процесс выращивания и кормления молодняка [1].

Для возраста первого осеменения животное должно достигнуть определенной живой массы. Очевидно, чем раньше произойдет осеменение, тем быстрее появится теленок, и тем меньше будет затрат на «непродуктивную» корову [2].

Для повышения рентабельности молочного производства необходимо уделять внимание качеству выращивания ремонтного молодняка крупного рогатого скота, на рост и развитие которого оказывают влияние не только паратипические, но и генетические факторы, одним из которых может являться ген лептина [3].

Лептин (LEP) – гормон жировой ткани, принимающий участие в регуляции питания, а также в контроле живой массы животного и расхода энергии. Ген лептина представляет собой перспективный маркерный ген, влияющий на функциональное долголетие животных. Плейотропный эффект действия лептина предполагает его комплексное воздействие на различные физиологические процессы в организме животного [4]. Так, например, А. Д. Лемякин с соавт. в своем исследовании выявили тенденции к наличию более высоких воспроизводительных качеств у коров костромской, черно-пестрой и ярославской пород носительниц аллелей А гена лептина [5]. По данным О. С. Зайцевой с соавт., гетерозиготные коровы голштинской породы по гену LEP были наиболее предрасположены к кетозу [6]. В статье Н. В. Ковалюк с соавт. указывается, что полиморфизм гена лептина (LEP) демонстрирует ассоциации с содержанием жира и

белка в молоке, а также с такими физиологическими параметрами, как легкость отелов и продолжительность гестации. Также в работе выдвигается предположение о том, что полиморфные варианты R25C и Y7F, расположенные во втором экзоне, а также A80V, находящийся в третьем экзоне, могут быть связаны с продуктивным долголетием животных [7]. Кроме того, исследование Н. В. Ковалюк и Е. А. Гырнец показало, что дочери быков производителей с генотипом AV негативно влияют на молочную продуктивность [3].

Аминокислотная последовательность белка лептина включает 167 аминокислотных остатков и 21 аминокислотную сигнальную последовательность. У крупного рогатого скота ген лептина размещен на 4-й хромосоме (BTA 4) и состоит из трех экзонов, однако только два из них отвечают за кодирование структуры белка лептина. Кодировочная область гена лептина включает в себя второй и третий экзоны, разделенные интроном длиной около 2 кб. Размер области промотора составляет примерно 3 кб [8, 9]. Описано около 60 SNP полиморфизмов гена лептина, которые располагаются в экзонах и интронах гена, а также в его промоторной области [10]. Наиболее изучены к настоящему времени и представляют интерес полиморфизмы A80V, Y7F и R25C.

В исследовании Д. Б. Косян и Е. А. Русаковой авторы обнаружили, что гетерозиготный генотип по гену лептина сайта A80V герефордской породы коров имеет лучшие характеристики по показателям живой массы, начиная с 8-го месяца. Также наиболее высокий среднесуточный прирост выявлен у животных с генотипом AV [11]. Тогда как в работе М. П. Дубровской и Н. П. Герасимова коровы герефордской породы с генотипом AA сайта A80V гена лептина имели большую живую массу в сравнении с другими генотипами. Также авторы в своем исследовании рассматривали ген соматотропина (GH) и обнаружили,

что влияние лептина на живую массу и конституцию было выше, чем у GH [12].

Цель исследования – выявление ассоциаций гена лептина (сайт A80V) с динамикой развития живой массы коров холмогорской породы.

Исходя из цели исследования были поставлены следующие **задачи**:

- изучить полиморфизм гена лептина;
- провести статистический анализ полученных данных;
- соотнести полученные данные генотипирования с живой массой крупного рогатого скота холмогорской породы;
- проанализировать полученные результаты.

Научная новизна – ген лептин (сайт A80V) представляет собой исследовательский и научный интерес, так как практически не изучен у коров холмогорской породы, поэтому впервые проведено генотипирование значительной части животных в сельскохозяйственном предприятии в условиях Арктической зоны Российской Федерации.

Материал и методы. Объектом исследования служило маточное поголовье крупного рогатого скота холмогорской породы, содержащееся в АО «Холмогорский Племязавод». Количество исследуемых животных – 330 голов. Отбор крови осуществляли ветеринарными врачами в специальные вакуумные пробирки с КЗ ЭДТА. Экстракцию ДНК проводили с помощью набора реагентов «МагноПрайм ВЕТ» в соответствии с приложенным протоколом.

Полиморфизм гена лептина определяли методом ПЦР-ПДРФ. Реакционная смесь для проведения амплификации на основе набора ПЦР с HS-Taq (+MgCl₂) (ООО «Биолабмикс», Россия) характеризовалась следующим конечным составом: 10 мМ Трис-НСl (рН 8,5); 50 мМ KCl; 1,5 мМ MgCl₂; 0,1 % (о/о) Tween 20; по 0,4 мкМ прямого (5'-CAAGCAGGAAA-TAGGGAGTCATGG-3') и обратного (5'-CTGGTGAGGATCTGTTGGTAGGTC-3') праймеров; по 0,2 мМ каждого dNTP; 2,5 е.а. HS-Taq DNA-полимеразы; 200 нг ДНК.

В таблице 1 представлен протокол температурных режимов циклов ПЦР.

Таблица 1 – Процедура амплификации с горячим стартом /
Table 1 – Hot-start amplification procedure

Стадия / Stage	Температура, °C / Temperature, °C	Время инкубации / Incubation time	Количество циклов / Number of cycles
Предварительная денатурация / Pre-denaturation	95	3 мин / 3 minutes	1
Денатурация / Denaturation	95	30 с / 30 seconds	32
Отжиг / Annealing	67	30 с / 30 seconds	
Элонгация / Elongation	72	30 с / 30 seconds	
Финальная элонгация / Final elongation	72	7 мин / 7 minutes	1

Реакционная смесь для проведения рестрикции на основе набора эндонуклеазы рестрикции PspE I (ООО «СибЭнзайм», Россия) характеризовалась следующим конечным составом: 10 мМ Трис-НСl (рН 7,6); 10 мМ MgCl₂; 1 мМ дитиотреитола; 10 е.а. эндонуклеазы рестрикции PspE I; 2000 нг ДНК – амплификата.

Смесь инкубировали при 37 °C в течение 19 часов. Для определения длин фрагментов ДНК, полученных в ходе рестрикций, было проведено электрофоретическое разделение в 2%-ном агарозном геле в течение 4 часов при 100 В (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2 – Длина ДНК-продуктов, п.н. /
Table 2 – Length of DNA products, bp

Длина продукта амплификации / Amplification product length	Длина продуктов рестрикции / Length of restriction products		
	AA	AV	VV
424	424	398/26	424/398/26

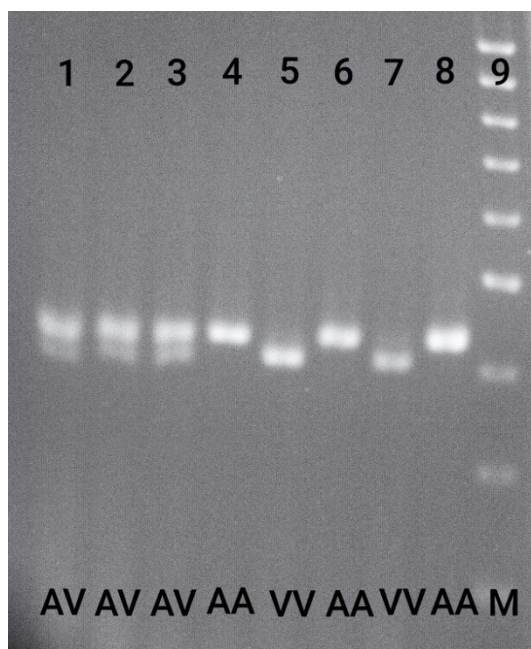


Рис. 1. Электрофореграмма рестрикции гена LEP по полиморфизму A80V, М – маркер (Step 100 DNA Ladder) /

Fig. 1. Restriction electrophoregram of LEP gene by A80V polymorphism, M – marker (Step 100 DNA Ladder)

Статистическую обработку результатов типирования проводили согласно Е. К. Меркурьевой и Г. Н. Шангиным-Березовским¹.

Результаты и их обсуждение. В результате исследования определили частоту встречаемости аллелей и генотипов гена лептина, данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Частота встречаемости генотипов гена лептина (A80V), у коров холмогорской породы /
Table 3 – The frequency of occurrence of leptin gene genotypes (A80V) in cows of the Kholmogory breed

Кол-во голов, n / Livestock, n	Тип распределения / Type of distribution	AA		AV		VV		Частота аллелей, % / Frequency of alleles, %		χ^2
		n	%	n	%	n	%	A	V	
330	Н	247	74,85	74	22,42	9	2,73	86	14	1,41
	О	244	74,06	79	23,99	6	1,94			

Примечания: Н – наблюдаемое распределение генотипов, О – ожидаемое распределение генотипов /
Notes: H is the observed distribution of genotypes, O is the expected distribution of genotypes

В исследуемой выборке наиболее часто встречаются особи с аллелем А (86 %), животные, имеющие аллель V в генотипе занимали 14 % от всего поголовья. Из 330 коров 247 имели генотип AA, что составило 74,85 %. Данный генотип преобладает в выборке. Генотип AV имеет частоту встречаемости 22,42 %, а генотип VV всего 2,73 %. Генетическое равновесие по закону Харди-Вайнберга сохранено, наблюдаемая частота генотипов соответствует ожидаемой.

Значительное преобладание аллеля А гена лептина в стаде зафиксировали также Н. В. Ковалюк с соавт., они получили следу-

ющие результаты – частота встречаемости аллеля А у коров, находящихся на 1–3-й лактациях, составила 0,98, у коров на 5–9-й лактациях – 0,97. Авторы отметили, что в обеих выборках животных отсутствует генотип VV, а частота встречаемости генотипа AV составила 0,06 и 0,04 соответственно [13].

В процессе исследования животных, входящих в изучаемую выборку, была проведена статистическая обработка и установлена связь показателей живой массы в разные возрастные периоды жизни с различными генотипами гена лептина (сайта A80V). Результаты представлены в таблице 4.

¹Меркурьева Е. К., Шангин-Березовский Г. Н. Генетика с основами биометрии. Серия: Учебники и учебные пособия для высших с.-х. учебных заведений. М.: Колос, 1983. 400 с.

URL: https://archive.org/details/1983_20211212

Таблица 4 – Динамика развития живой массы коров холмогорской породы с разными генотипами гена лептина (сайта A80V) /

Table 4 – Dynamics of the development of live weight in cows of the Kholmogory breed with different genotypes of the leptin gene (site A 80 M)

Показатель / Indicator	Генотип / Genotype			
	AA	AV	VV	всего / total
Количество голов, n / Livestock, n	247	74	9	330
Живая масса, кг / Live weight, kg:				
- при рождении / at birth	38,82±0,33	38,50±0,56	40,00±2,27	38,78±0,29
- в 6 месяцев / at 6 months	148,43±1,34	149,18±2,17	144,22±6,25	148,48±1,13
- в 10 месяцев / at 10 months	218,75±1,96	222,08±3,22	214,67±10,63	219,39±1,66
- в 12 месяцев / at 12 months	252,87±2,22	257,35±3,94	247,56±14,67	253,73±1,93
- в 18 месяцев / at 18 months	355,12±2,87	361,99±5,49*	338,11±12,45*	356,20±2,51

* Достоверные различия между группами при $P \leq 0,05$ /

* Significant differences between the groups at $P \leq 0.05$

Наибольший средний показатель по живой массе при рождении отмечен у животных с генотипом VV. У коров с генотипами AA и AV различия живой массы при рождении не обнаружены. Животные в возрасте 6, 10, 12 и 18 месяцев с генотипом AV обладают наибольшими средними показателями по живой массе в сравнении с носителями других гено-

типов. Достоверная разница по показателю живой массы выявлена между группами коров с генотипом AV и VV в 18 месяцев и составила 23,88 кг.

В изучаемой выборке животных рассчитаны средние показатели воспроизводительной способности коров с разными генотипами гена лептина (табл. 5).

Таблица 5 – Средние показатели воспроизводительной способности коров холмогорской породы с разными генотипами гена лептина /

Table 5 – Average indicators of reproductive ability of Kholmogory cows with different genotypes of the leptin gene

Показатель / Indicator	Генотип / Genotype			
	AA	AV	VV	Всего
Количество голов, n / Livestock, n	247	74	9	330
Возраст первого осеменения, мес. / Age of first insemination, months	18,53±0,13	18,27±0,21	18,67±0,61	18,47±0,11
Живая масса при первом осеменении, кг / Live weight at the first insemination, kg	362,16±0,58*	363,61±1,09*	346,67±2,56*	362,06±0,51
Возраст первого отела, мес. / Age of the first calving, month	28,23±0,15	28,08±0,25	28,33±0,52	28,20±0,12
Возраст 1 плодотворного осеменения, мес. / Age of the first fruitful insemination, months	19±0,15	19±0,25	20±0,50	19±0,12

* Достоверные различия между группами при $P \leq 0,05$ /

* Significant differences between the groups at $P \leq 0.05$

Достоверная разница живой массы при первом осеменении коров в исследуемой выборке отмечена у особей с гетерозиготным генотипом AV по гену лептина – у 74 голов средняя живая масса составила 363,61 кг. Также достоверная разница определена у 247 коров с генотипом AA и у 9 голов с генотипом VV – 362,16 и 346,67 кг соответственно.

Таким образом, животные с генотипом AV характеризуются максимальной живой массой,

более ранним возрастом первого осеменения и соответственно первого отела.

Масса животных при первом оплодотворении играет ключевую роль в определении скорости и интенсивности роста молодняка, а также отражает уровень их полноценного развития и готовности к эффективной эксплуатации в будущем [14, 15]. В исследовании Л. Л. Петрухиной и С. Л. Белозерцевой изучалось влияние возраста и массы коров при первом

осеменении на величину удоев и их пожизненную продуктивность. В результате авторы сделали следующие выводы: коровы, достигшие возраста 15-16 месяцев, характеризовались лучшими показателями пожизненной продуктивности и продуктивного долголетия; животные с живой массой 400–410 кг имели самые высокие

удои [16]. В исследовании Н. Д. Маматовой первотелки с живой массой более 530 кг отличались меньшим сроком хозяйственного использования [17].

В ходе работы рассчитали средний прирост живой массы в месяц с момента рождения до 18 месяцев (табл. 6).

Таблица 6 – Средний прирост живой массы коров холмогорской породы в месяц от рождения до 18 месяцев /
Table 6 – Average body weight gain of Kholmogory cows per month from birth to 18 months

Генотип / Genotype	Количество голов, n / Livestock, n	Среднемесячный прирост живой массы, кг / Average monthly body weight gain, kg
AA	247	17,57±0,16
AV	74	18,03±0,31*
VV	9	16,65±0,74*
Всего / Total	330	17,65±0,14

*Достоверные различия между группами при $P \leq 0,05$ /

*Significant differences between the groups at $P \leq 0.05$

Анализ данных таблицы 6 выявил, что самый высокий средний показатель прироста живой массы в месяц получен у животных с генотипом AV, самый низкий – у коров с генотипом VV. Достоверная разница обнаружена между генотипами AV и VV – 1,38 кг.

Заключение. Таким образом, результаты исследования показали, что в изученном стаде коров холмогорской породы преобладают носители аллеля А, соответственно генотип AA имеет наибольшую частоту встречаемости – 74,85 %. Преимущество по живой массе за 18 месяцев показали животные с генотипом AV

(361,99±5,49 кг). Достоверные различия обнаружены по показателю живой массы при первом осеменении между группами коров с генотипами AV и VV, а также между животными с генотипами AA и VV, аллель А положительно повлияла на изучаемые нами хозяйственно полезные признаки. Наибольший средний прирост живой массы в месяц также выявлен у коров с генотипом AV. Дальнейшее изучение гена лептина и его сайтов поможет получить более полные сведения о влиянии гена на показатели живой массы коров.

Список литературы

1. Часовщикова М. А., Козлов К. А. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы в зависимости от возраста и живой массы при первом осеменении. Агропродовольственная политика России. 2021;(4):37–40. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47861957> EDN: XNCIZG
2. Wangchuk K., Wangdi J., Mindu M. Comparison and reliability of techniques to estimate live cattle body weight. Journal of Applied Animal Research. 2017;46(1):349–352 DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1302876>
3. Ковалюк Н. В., Гырнец Е. А. Полиморфизм аллелей гена Lер как генетический маркер функционального долголетия крупного рогатого скота айрширской породы. Universum: химия и биология. 2016;(6(24)):3. Режим доступа: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3257> EDN: WAIRVB
4. Комендант Т. М., Епишко О. А., Чебуранова Е. С. Оптимизация методики выявления полиморфизмов гена лептина (LEP), влияющего на продуктивное долголетие крупного рогатого скота. Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. научн. тр. Гродно: Гродненский ГАУ, 2017. Т. 37. С. 99–105. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yozazo> EDN: YOZAZO
5. Лемякин А. Д., Тяжченко А. Н., Сабетова К. Д., Чаицкий А. А., Щеголев П. О., Королев А. А. Воспроизводительная способность коров отечественных молочных пород с различными аллельными вариантами гена лептина. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(6):884–895. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.884-895> EDN: HVVDOA
6. Зайцева О. С., Бытов М. В., Вольская С. В., Мартынов Н. А., Осипова Ю. А., Юсупова Ч. Р. Оценка аллельного разнообразия гена лептина и степени ассоциации его однонуклеотидных полиморфизмов с биохимическими маркерами предрасположенности к развитию кетоза у коров. Проблемы биологии продуктивных животных. 2024;(2):45–55. DOI: <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbio.2024.2.45-55> EDN: NHMOHR
7. Ковалюк Н. В., Сацук В. Ф., Мачульская Е. В., Шахназарова Ю. Ю. Возможные причины и последствия распространения отдельных аллельных вариантов гена LEP в группах айрширского и голштинского скота. Генетика. 2018;54(12):1442–1447. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0016675818120068> EDN: MFVYLB

8. Щеголев П. О., Сабетова К. Д., Чаицкий А. А., Сорокина А. Связь полиморфизма гена лептина (LEP) с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота. Аграрный вестник Нечерноземья. 2021;(1(1)):25–32. DOI: https://doi.org/10.52025/2712-8679_2021_01_25 EDN: HBJLBZ
9. Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К., Варламова М. И. Влияние полиморфизма гена лептина (LEP) на молочную и мясную продуктивность коров-первотелок голштинской породы. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021;245(1):24–28. DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-245-1-24-28> EDN: ZRWONH
10. Ковалюк Н. В., Сацук В. Ф., Мачульская Е. В., Морковкина Н. А., Шахназарова Ю. Ю. Использование полиморфизма локуса LEP в селекции чернопестрого скота. Молочное и мясное скотоводство. 2017;(3):14–16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29389861> EDN: YTDPR
11. Косян Д. Б., Русакова Е. А. Взаимосвязь полиморфизма гена *lep/a80v* с ростовыми характеристиками крупного рогатого скота. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019;(4):26. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42503559> EDN: JDCQBZ
12. Дубовскова М. П., Герасимов Н. П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в северо-кавказской популяции герефордской породы. Животноводство и кормопроизводство. 2020;103(3):91–101. DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-91> EDN: ZNLSRY
13. Ковалюк Н. В., Сацук В. Ф., Волченко А. Е., Мачульская Е. В. Полиморфизм аллелей гена LEP у субпопуляции крупного рогатого скота айрширской породы. Генетика. 2015;51(2):266–270. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0016675815020101> EDN: THXCL
14. Майоров В. А., Козловская А. Ю., Леонтьев А. А., Афанасьев К. А. Продолжительность хозяйственного использования коров в связи с возрастом первого отела. Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2015;(4):8–11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/vmhdbf> EDN: VMHDBF
15. Новотольская О. П., Козловская А. Ю., Леонтьев А. А., Скопцова Т. И., Козловский В. Ю. Показатели воспроизводительной способности айрширских коров разного происхождения. Аграрный вестник Урала. 2014;(1(119)):47–50. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21681381> EDN: SGLUMR
16. Петрухина Л. Л., Белозерцева С. Л. Влияние возраста первого осеменения и живой массы на молочную продуктивность коров. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020;50(2):57–63. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-2-7> EDN: VWZNTD
17. Маматова Н. Д. Влияние возраста первого осеменения на продуктивное долголетие коров. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018;(3(161)):110–114. Режим доступа: <http://vestnik.asau.ru/index.php/vestnik/article/view/1389> EDN: YUFLJY

References

1. Chasovshchikova M. A., Kozlov K. A. Productive longevity of the black-and-white breed of cows in relation to age and live weight at the first insemination. *Agroprodnovol'stvennaya politika Rossii* = Agri-Food Policy in Russia. 2021;(4):37–40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47861957>
2. Wangchuk K., Wangdi J., Mindu M. Comparison and reliability of techniques to estimate live cattle body weight. *Journal of Applied Animal Research*. 2017;46(1):349–352 DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1302876>
3. Kovalyuk N. V., Gynets E. A. Polymorphism of *lep* gene allele as a genetic marker of functional longevity of ayrshire cattle. *Universum: khimiya i biologiya*. 2016;(6(24)):3. (In Russ.). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3257>
4. Komendant T. M., Epishko O. A., Cheburanova E. S. Optimization of the method of detecting polymorphisms of the leptin gene (LEP), affecting the productive longevity of cattle. *Agriculture – problems and prospects: collection of scientific papers. Grodno: Grodnenskiy GAU*, 2017. Vol. 37. pp. 99–105. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yozazo>
5. Lemyakin A. D., Tyazhchenko A. N., Sabetova K. D., Chaitskiy A. A., Shchegolev P. O., Korolev A. A. Reproductive ability of cows of domestic dairy breeds with different allelic variants of the leptin gene. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(6):884–895. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.884-895>
6. Zaytseva O. S., Bytov M. V., Volskaya S. V., Martynov N. A., Osipova Yu. A., Yusupova Ch. R. Assessment of allelic diversity of the leptin gene and associations of its single nucleotide polymorphisms with biochemical markers of predisposition to ketosis in cows. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh* = Problems of Productive Animal Biology. 2024;(2):45–55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2024.2.45-55>
7. Kovalyuk N. V., Satsuk V. F., Machulskaya E. V., Shakhnazarova Yu. Yu. Possible causes and consequences of the distribution of separate allelic variants of the LEP gene in the groups of ayrshire and holstein cattle. *Genetika* = Russian Journal of Genetics. 2018;54(12):1442–1447. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0016675818120068>
8. Shchegolev P. O., Sabetova K. D., Chaitskiy A. A., Sorokina A. Relationship of leptin gene polymorphism (LEP) with economically useful traits of cattle. *Agrarnyy vestnik Nечernozem'ya* = Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem region. 2021;(1(1)):25–32. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52025/2712-8679_2021_01_25
9. Gaynutdinova E. R., Safina N. Yu., Shakirov Sh. K., Varlamova M. I. Influence of leptin (LEP) gene polymorphism on dairy and meat productivity of holstein heifers. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Bauman* = Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2021;245(1):24–28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-245-1-24-28>
10. Kovalyuk N. V., Satsuk V. F., Machulskaya E. V., Morkovkina N. A., Shakhnazarova Yu. Yu. Use of polymorphism at loci of LEP in breeding of black-motley cattle. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2017;(3):14–16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29389861>

11. Kosyan D. B., Rusakova E. A. Relationship of *lep/a80v* gene polymorphism with growth characteristics of cattle. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*. 2019;(4):26. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42503559>
12. Dubovskaya M. P., Gerasimov N. P. Genetic structure and association of growth hormone (*L127V*) and leptin (*A80V*) gene polymorphism with productivity in the north caucasian population of the hereford breed. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* = Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):91–101. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-91>
13. Kovalyuk N. V., Satsuk V. F., Volchenko A. E., Machulskaya E. V. LEP gene allelic polymorphism in a sub-population of ayrshire cattle. *Genetika* = Russian Journal of Genetics. 2015;51(2):266–270. (In Russ.). DOI <https://doi.org/10.7868/S0016675815020101>
14. Mayorov V. A., Kozlovskaya A. Yu., Leontev A. A., Afanasev K. A. The duration of economic use of cows due to the age of the first calving. *Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2015;(4):8–11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/vmhdbf>
15. Novotolskaya O. P., Kozlovskaya A. Yu., Leontev A. A., Skoptsova T. I., Kozlovskiy V. Yu. Reproductive ability indicators of ayrshire cows of various origin. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2014;(1(119)):47–50. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21681381>
16. Petrukhina L. L., Belozertseva S. L. Influence of the age at the first insemination and live weight on milk productivity of cows. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2020;50(2):57–63. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-2-7>
17. Mamatova N. D. The influence of the first insemination age on productive life-span of cows. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018;(3(161)):110–114. (In Russ.). URL: <http://vestnik.asau.ru/index.php/vestnik/article/view/1389>

Сведения об авторах

✉ **Худякова Наталья Александровна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, пр. Никольский, д. 20, г. Архангельск, Российская Федерация, 163020, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1302-2965>, e-mail: nata070707hudyakova@yandex.ru

Кожевникова Ирина Сергеевна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, пр. Никольский, д. 20, г. Архангельск, Российская Федерация, 163020, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/000-0001-7194-9465>

Ступина Александра Олеговна, младший научный сотрудник, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, пр. Никольский, д. 20, г. Архангельск, Российская Федерация, 163020, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7664-3684>

Класен Инга Андреевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, пр. Никольский, д. 20, г. Архангельск, Российская Федерация, 163020, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4421-6087>

Кашин Андрей Сергеевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, пр. Никольский, д. 20, г. Архангельск, Российская Федерация, 163020, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1155-0339>

Information about the authors

✉ **Natalya A. Khudyakova**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Severnaya Dvina Embankment, 23, Arkhangelsk, Russian Federation, 163000, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1302-2965>, e-mail: nata070707hudyakova@yandex.ru

Irina S. Kozhevnikova, PhD in Biological Science, senior researcher, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Severnaya Dvina Embankment, 23, Arkhangelsk, Russian Federation, 163000, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7194-9465>

Alexsandra O. Stupina, junior researcher, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Severnaya Dvina Embankment, 23, Arkhangelsk, Russian Federation, 163000, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7664-3684>

Inga A. Klassen, junior researcher, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Severnaya Dvina Embankment, 23, Arkhangelsk, Russian Federation, 163000, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4421-6087>

Andrej S. Kashin, junior researcher, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Severnaya Dvina Embankment, 23, Arkhangelsk, Russian Federation, 163000, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1155-0339>

✉ – Для контактов / Corresponding author