



Г.К. Пегливанян

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ Peglivanian_grig@mail.ru

Поступила в редакцию: 24.07.2024
Одобрена после рецензирования: 12.11.2024
Принята к публикации: 26.11.2024

© Пегливанян Г.К.

Research article



Gregory K. Peglivanian

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, St. Petersburg, Russia

✉ Peglivanian_grig@mail.ru

Received by the editorial office: 24.07.2024
Accepted in revised: 12.11.2024
Accepted for publication: 26.11.2024

© Peglivanyan G.K.

Прогнозирование живой массы северных оленей с применением регрессионной модели

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Учет живой массы в северном оленеводстве является основополагающим показателем при разведении, но в связи с трудностью ее определения возникает необходимость в разработке прогнозной матрицы веса животных через биометрические экстерьерные промеры. **Цель исследования** — разработать модель прогнозирования живой массы северного оленя с использованием регрессионного анализа.

Методы. Исследования проведены по данным экстерьерных промеров и результатам взвешивания северных оленей ненецкой породы (быки $n = 48$, важенки $n = 50$) Тазовского р-на п-ова Ямал в возрасте от 2 до 9 лет. Расчет статистических параметров, визуализацию корреляционных данных и проведение регрессионного анализа методом наименьших квадратов осуществляли в программах MS Excel и R-studio.

Результаты. Наибольшая изменчивость среди экстерьерных промеров отмечена у показателей «ширина груди CW» (9,6%) и «живая масса LW» (9,4%). При проведении корреляционного анализа выявлена мультиколлинеарность между высотой в холке HW и высотой в локте HE $r = 0,824$ ($p \leq 0,001$). Высокие и достоверные связи живой массы LW с глубиной CD и обхватом груди CG $r = 0,651$ и $r = 0,687$ ($p \leq 0,001$), длиной головы HL $r = 0,678$ ($p \leq 0,001$), высотой в холке HW $r = 0,663$ ($p \leq 0,001$) и длиной тела BL $r = 0,639$ ($p \leq 0,001$). Определена наиболее результативная модель m_2 , включающая в свою структуру обхват груди и длину туловища, коэффициент детерминации которой составил $R^2 = 0,70$ при множественном $R = 0,83$, что отражает 70% объясняемой переменной в модели при аппроксимации 4,2%. В результате создана таблица прогнозирования живой массы северных оленей с использованием биометрических данных, что будет способствовать упрощению селекционно-племенной работы в будущих популяциях труднодоступных районов.

Ключевые слова: северный олень, живая масса, экстерьер, регрессия, селекция, мясная продуктивность

Для цитирования: Пегливанян Г.К. Прогнозирование живой массы северных оленей с применением регрессионной модели. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 98–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-98-103>

Predicting live weight of reindeer using a regression model

ABSTRACT

Relevance. Accounting for live weight in reindeer husbandry is an important indicator for breeding, but due to the difficulty of determining it, there is a need to develop a predictive matrix of animal weight through biometric exterior measurements.

The purpose of the study is to develop a model for predicting the live weight of reindeer using regression analysis.

Methods. The research was carried out using exterior measurements and weighing results of Nenets reindeer (males $n = 48$, females $n = 50$) from the Tazovsky district on the Yamal Peninsula at the age of 2 to 9 years. Calculation of statistical parameters, visualization of correlation data and regression analysis using the least squares method were carried out in MS Excel and R-studio.

Results. The greatest variability among exterior measurements was noted in the indicators “chest width CW” (9.6%) and “live weight LW” (9.4%). When conducting a correlation analysis, multicollinearity was revealed between the height at the withers HW and the height at the elbow HE $r = 0.824$ ($p \leq 0.001$). High and significant correlations of live weight LW with chest depth CD and chest girth CG $r = 0.651$ and $r = 0.687$ ($p \leq 0.001$), head length HL $r = 0.678$ ($p \leq 0.001$), height at withers HW $r = 0.663$ ($p \leq 0.001$) and body length BL $r = 0.639$ ($p \leq 0.001$). The most effective model m_2 was determined, including chest girth and body length in its structure, the coefficient of determination of which was $R^2 = 0.70$, with multiple $R = 0.83$, which reflects 70% of the explained variable in the model, with an approximation of 4.2%. As a result, a table was created for predicting the live weight of reindeer using biometric data, which will help simplify selection and breeding work in future populations of hard-to-reach areas.

Key words: reindeer, live weight, exterior, regression, breeding, meet productivity

For citation: Peglivanyan G.K. Forecasting the live weight of reindeer using a regression model. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 98–103 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-98-103>

Введение/Introduction

Оленеводство является исконной отраслью и важнейшим видом животноводства малочисленных коренных народов Севера [1–5].

Селекция и племенная работа в оленеводстве ведутся традиционными методами [6], включающими в себя специфическую культуру, большой опыт разведения северных оленей в различных ландшафтных зонах с климатическими особенностями, где по большей части преобладают кустарниковые растения, ерниковые с примесью ив. В южных тундровых зонах по причине сильной заболоченности встречаются осоки, травы, кочкарные тундры [7, 8].

В рационе северного оленя отсутствуют промышленные комбикорма в связи с пастбищным способом кормления, где присутствуют разнообразная зеленая растительность и лишайники. В результате такого кормления образуются уникальные характеристики оленины, такие как низкое содержание жира, низкая калорийность [9–13].

Основным селекционным показателем роста и развития животных является прирост живой массы. Данный признак напрямую связан с мясной продуктивностью [14]. Для измерения массы тела в промышленном животноводстве используют специализированные весы. Этот метод является трудоемким, занимает много времени, его возможно использовать только в специально оборудованных помещениях [15, 16].

Для облегчения работы селекционеров существует метод Клувер-Штрауха для определения живой массы крупного рогатого скота через промеры тела, однако использование данного метода на северных оленях невозможно, поскольку при сравнении закономерностей роста осевого и периферического скелета представителей данных видов животных имеются различия [17, 18].

Большое внимание уделяется взаимосвязи между размером и массой тела для увеличения производства мяса в промышленном животноводстве и птицеводстве [19–21]. Процедура выявления живой массы у сельскохозяйственных животных связана с множеством сложностей, в связи с этим возникает необходимость в поиске и разработке модели подходящего технологического решения для определения живой массы животного [22].

Существует линейная зависимость между длиной тела, обхватом груди за лопатками и массой тела. Возможно установить взаимосвязь между величиной промера тела и его массой через уравнение, если известны экстерьерные параметры животного [23].

Применение экстерьерных промеров с использованием формул для определения живой массы хорошо зарекомендовало в полевых условиях, где нет возможности использовать специализированные весы. Данный метод используется в молочном и мясном скотоводстве, коневодстве и у других видов сельскохозяйственных животных [24–27].

Разработана математическая модель и выявлено статистически значимое влияние экстерьерных промеров на живую массу животного. В животноводстве широко применяется метод наименьших квадратов, который позволяет установить зависимость между

различными экстерьерными промерами у разных видов сельскохозяйственных животных [28]. Использование методов математического моделирования дает возможность оценить уровень продуктивности животноводства [29, 30].

Необходимость выбора наиболее важных параметров модели описана в работе Tahtali [31]. Так, для прогнозирования живого веса романовских ягнят из всех исследуемых экстерьерных промеров тела (высота в холке и крупа, длина тела, глубина груди, окружность груди, ширина груди за плечами, длина головы) были выделены два фактора, объясняющие 50,89% и 22,86% общей дисперсии [31].

В настоящее время имеется необходимость в разработке регрессионной модели в качестве определения живой массы северных оленей через характеристики роста и развития как критерия отбора для улучшения будущих популяций.

Цель данной работы — разработать модель прогнозирования живой массы северного оленя через экстерьерные промеры с использованием регрессионного анализа.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектом исследований являются домашние северные олени (быки и важенки) ненецкой породы популяции п-ова Ямал.

Взятие промеров проведено в мае 2023 г. в Тазовском р-не Ямало-Ненецкого АО.

В работе проанализированы данные по 98 северным оленям (быки $n = 48$, важенки $n = 50$). Возраст исследуемых особей варьировал от 2 до 9 лет.

Во время эксперимента соблюдали принципы гуманного отношения к животным¹.

Проведена оценка особей по экстерьерным показателям, измерены 8 экстерьерных параметров²:

- с использованием циркуля Вилькенса:
 - ✓ глубина груди CD (Chest depth),
 - ✓ ширина груди CW (Chest width),
 - ✓ ширина в маклаках SW (Set width),
 - ✓ длина головы HL (Head length);
- с использованием мерной палки Лидтина:
 - ✓ высота в холке HW (Height withers);
- при использовании мерной ленты:
 - ✓ высота в локте HE (Height elbow),
 - ✓ обхват груди CG (Chest girth),
 - ✓ длина туловища BL (Body length).

Для проведения индивидуального учета живой массы осуществляли прогон животных в переносном корале с расколом на специализированных весах («Мехэлектрон-М ВЭТ-1-3000П-1С-ДБ», Россия).

Проведен регрессионный анализ методом наименьших квадратов (МНК), где в качестве уравнения регрессии использовалась функция $y = f(x)$, при которой сумма квадратов разностей минимальна:

$$S = \sum_{(i=1)}^n [y_i - f(x_i)]^2, \quad (1)$$

где S — сумма квадратов разностей, n — число наблюдений, y_i — значение функции или зависимая переменная, x_i — аргумент или независимая переменная.

¹ Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS No. 123) [рус., англ.]. Страсбург. 18.03.1986.

² Друри И.В., Митюшев П.В. Оленеводство: учебное пособие для зоотехнических институтов и факультетов. М.; Ленинград: Сельхозиздат, Ленинградское отделение. 1963; 242.

Односторонняя стохастическая зависимость рассчитана с помощью модели парной регрессии:

$$y_j = \alpha + \beta x_j + \varepsilon_j, \quad (2)$$

где y_j — величина живой массы оленей, α — постоянная величина (или свободный член уравнения, константа); β — коэффициент регрессии, определяющий наклон линии, вдоль которой рассеяны данные наблюдений y_j и x_j ; x_j — значение промеров (высота в холке, обхват груди, длина туловища); ε_j — случайный член (ошибки) или влияние на переменную всех неучтенных в модели факторов.

С помощью метода наименьших квадратов регрессионного анализа переменных предикторов промеров тела на переменную отклика значения живой массы установлена величина среднего увеличения переменной живой массы на каждую единицу увеличения данных переменных предикторов при условии, что все остальные переменные остаются постоянными. Пошаговый выбор переменных проводился до получения наилучшей подходящей регрессионной модели.

В парной регрессии анализировалась связь между зависимой переменной живой массы (случайная величина) и объясняющими переменными промерами тела (неслучайные детерминированные величины).

Оценка коэффициента детерминации проводилась по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - x_i]^2}{\sum_{i=1}^n [y_i - \bar{x}]^2}, \quad (3)$$

где y_i — значения наблюдаемой переменной; x_i — модельное значение, построенное по оцененным параметрам; $\bar{x}$ — среднее значение по наблюдаемым данным.

Средняя ошибка аппроксимации или среднее отклонение расчетных значений от фактических рассчитывали с помощью формулы 4:

$$\bar{A} = \frac{\sum |y_i - y_x| : y_i}{n} 100 \%, \quad (4)$$

где y_x — расчетное значение по уравнению.

Описательные статистические параметры (среднее арифметическое, ошибка, стандартное отклонение, коэффициент корреляции) вычисляли при помощи пакета «Анализ данных» в среде MS Excel 2013 (США).

Расчет и визуализация данных корреляционного анализа проводились в программе R-studio (Posit Software, PBC, США) с помощью пакета ggplot.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для разработки и оценки модельных прогнозов проведена описательная статистика хозяйственно полезных признаков живой массы и промеров тела северных оленей (табл. 1).

Статистический анализ показал, что в среднем живая масса LW составила 82,7 кг с варьированием от 66 до 100 кг. Высота в холке HW исследуемых животных составила 95,0 см. Наибольшая изменчивость среди экстерьерных промеров отмечена у ширины груди CW — 9,6%. Изменчивость живой массы LW была на уровне 9,4%, что соответствует биологическим нормам в пределах данного возраста.

Таблица 1. Показатели живой массы и экстерьерных промеров северных оленей (n = 98)

Table 1. Live weight indicators and exterior measurements of reindeer (n = 98)

Показатели	LW	HW	HE	CD	CG	CW	SW	BL	HL
M	82,7	95,0	54,3	40,8	115,5	25,8	22,7	102,3	33,8
m	0,79	0,35	0,26	0,19	0,49	0,25	0,14	0,45	0,17
σ	7,78	3,51	2,54	1,92	4,80	2,47	1,39	4,50	1,71
Cv	9,4	3,7	4,7	4,7	4,2	9,6	6,1	4,4	5,1
min	66	87	47	36	105	21	20	91	30
max	100	104	63	46	127	39	28	112	38

Анализ корреляционных связей промеров тела оленей с живой массой показал положительную связь со всеми показателями (рис. 1). Высокая достоверная положительная корреляция отмечена между высотой в холке HW и высотой в локте HE $r = 0,824$ ($p \leq 0,001$), что указывает на наличие мультиколлинеарности данных показателей, соответственно, использование данного сочетания в регрессионной модели для определения живой массы оленей нежелательно.

Слабые недостоверные корреляционные связи наблюдались между высотой в локте HE и длиной туловища BL $r = 0,107$, высотой в локте HE и шириной груди CW $r = 0,111$. Наиболее высокие и достоверные связи экстерьерных промеров с живой массой LW выявлены с глубиной CD и обхватом груди CG $r = 0,651$ и $r = 0,687$ ($p \leq 0,001$), длиной головы HL $r = 0,678$ ($p \leq 0,001$), высотой в холке HW $r = 0,663$ ($p \leq 0,001$) и длиной тела BL $r = 0,639$ ($p \leq 0,001$).

В ходе исследования созданы 10 регрессионных моделей: m_1 (высота в холке и обхват груди), m_2 (обхват груди и длина туловища), m_3 (длина головы и обхват груди), m_4 (длина головы и высота в холке), m_5 (высота в холке и длина туловища), m_6 (длина головы

Рис. 1. Тепловая матрица корреляционных связей живой массы LW (Live weight) с промерами тела: HW (Height withers) — высота в холке, HE (Height elbow) — высота в локте, CD (Chest depth) — глубина груди, CG (Chest girth) — обхват груди, CW (Chest width) — ширина груди, SW (Set width) — ширина в маклаках, BL (Body length) — длина туловища, HL (Head length) — длина головы

Fig. 1. Thermal matrix of correlations of live weight LW (Live weight) with body measurements: HW (Height withers) — height at the withers, HE (Height elbow) — height at the elbow, CD (Chest depth) — chest depth, CG (Chest girth) — chest circumference, CW (Chest width) — width chest, SW (Set width) — width in malacks, BL (Body length) — trunk length, HL (Head length) — head length

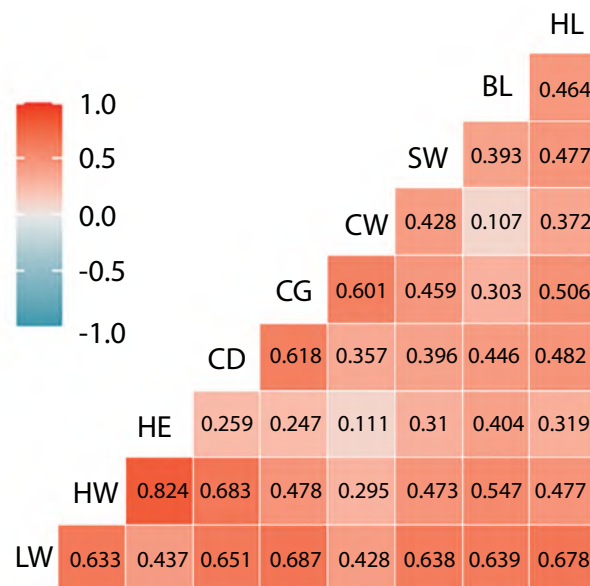


Таблица 2. Результаты регрессионного анализа по методу наименьших квадратов для экспериментальных моделей определения живой массы северных оленей (n = 98)

Table 2. Results of regression analysis using the least squares method for experimental models for determining live weight in reindeer (n = 98)

	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	m ₈	m ₉	m ₁₀
Y-пересечение	-95,3	-104,8	-77,2	-82,2	-79,9	-63,4	-72,3	-59,0	-68,0	-63,5
Переменная X 1	0,872	0,897	1,981	2,186	0,920	2,116	1,941	1,782	1,578	1,876
Переменная X 2	0,825	0,821	0,805	0,959	0,735	0,730	0,742	0,727	0,748	2,062
Множественный R	0,78	0,83	0,80	0,77	0,74	0,76	0,78	0,71	0,77	0,78
R-квадрат	0,61	0,70	0,64	0,60	0,54	0,58	0,60	0,51	0,59	0,62
Нормированный R-квадрат	0,60	0,69	0,63	0,59	0,53	0,58	0,59	0,50	0,58	0,61
Стандартная ошибка	4,90	4,33	4,71	4,97	5,31	5,07	4,97	5,51	5,05	4,88
F	74,7	109,2	84,6	71,3	56,5	66,8	71,5	49,0	67,5	75,9
Значимость F	3,18722E-20	2,40530E-25	7,99742E-22	1,21927E-19	6,91701E-17	7,62259E-19	1,13551E-19	2,34784E-15	5,65666E-19	1,99614E-20

Таблица 3. Прогнозная матрица живой массы северного оленя с применением экстерьерных данных

Table 3. Predictive matrix of live weight of reindeer using exterior data

Показатели		Длина туловища															
Обхват груди	80	82,5	85	87,5	90	92,5	95	97,5	100	102,5	105	107,5	110	112,5	115	117,5	
	95	46,1	48,1	50,2	52,2	54,3	56,3	58,4	60,4	62,5		–	–	–	–	–	–
	97,5	48,3	50,4	52,4	54,5	56,5	58,6	60,6	62,7	64,7	66,8		–	–	–	–	–
	100	50,6	52,6	54,7	56,7	58,8	60,8	62,9	64,9	67,0	69,0	71,1	–	–	–	–	–
	102,5	52,8	54,9	56,9	59,0	61,0	63,1	65,1	67,2	69,2	71,3	73,3	75,4	–	–	–	–
	105	55,1	57,1	59,2	61,2	63,3	65,3	67,4	69,4	71,5	73,5	75,6	77,6	79,7	–	–	–
	107,5	57,0	59,1	61,1	63,2	65,2	67,3	69,3	71,4	73,4	75,5	77,5	79,6	81,7	83,7	–	–
	110	59,5	61,6	63,6	65,7	67,7	69,8	71,9	73,9	76,0	78,0	80,1	82,1	84,2	86,2	88,3	–
	112,5	61,8	63,8	65,9	67,9	70,0	72,0	74,1	76,1	78,2	80,3	82,3	84,4	86,4	88,5	90,5	92,6
	115	64,0	66,1	68,1	70,2	72,2	74,3	76,3	78,4	80,4	82,5	84,5	86,6	88,7	90,7	92,8	94,8
	117,5	–	68,3	70,4	72,4	74,5	76,5	78,6	80,6	82,7	84,7	86,8	88,8	90,9	92,9	95,0	97,1
	120	–	–	72,6	74,7	76,7	78,8	80,8	82,9	84,9	87,0	89,0	91,1	93,1	95,2	97,2	99,3
	122,5	–	–	–	76,9	79,0	81,0	83,1	85,1	87,2	89,2	91,3	93,3	95,4	97,4	99,5	101,5
	125	–	–	–	–	81,2	83,3	85,3	87,4	89,4	91,5	93,5	95,6	97,6	99,7	101,7	103,8
	127,5	–	–	–	–	–	85,5	87,6	89,6	91,7	93,7	95,8	97,8	99,9	101,9	104,0	106,0
	130	–	–	–	–	–	–	89,8	91,8	93,9	96,0	98,0	100,1	102,1	104,2	106,2	108,3
	132,5	–	–	–	–	–	–	–	94,1	96,1	98,2	100,2	102,3	104,4	106,4	108,5	110,5

и длина туловища), m₇ (глубина груди и длина туловища), m₈ (глубина груди и высота в холке), m₉ (глубина груди и обхват груди), m₁₀ (глубина груди и длина головы) (табл. 2).

Наиболее результативной для определения живой массы оленей оказалась модель m₂, включающая в свою структуру обхват груди и длину туловища.

Коэффициент детерминации, отражающий меру качества данной регрессионной модели, описывающей связь между зависимой и независимыми переменными модели, составил R² = 0,70 при множественном R = 0,83. Тем самым вычисленный коэффициент детерминации отразил долю вариации (70%) объясняемой переменной у в модели, обусловленной влиянием на нее факторов, включенных в модель.

Для подтверждения значимости выбранных параметров рассчитана средняя ошибка аппроксимации, которая составила 4,2%, что свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения.

Согласно рассчитанным данным регрессионного анализа и определения оптимальной модели, создана таблица прогнозирования живой массы северных

олений с использованием двух промеров тела — длины туловища и обхвата груди (табл. 3).

Поиск предположительного живого веса осуществляется через пересечение двух показателей имеющихся промеров животного.

Выводы/Conclusions

Разработанная модель прогнозирования живой массы северного оленя с использованием метода математического моделирования, а именно регрессионного анализа, позволяет определять живую массу животных с достоверностью 83% при средней ошибке аппроксимации, которая составила 4,2%, свидетельствующей о правильности модели уравнения. Сформирована таблица прогнозирования живой массы северных оленей с использованием двух промеров тела — длины туловища и обхвата груди.

Полученные результаты будут способствовать улучшению селекционно-племенной работы в будущих популяциях в северном оленеводстве в зонах тундры и лесотундры, где нет возможности использовать специализированные весы.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 124020200114-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Южаков А.К., Лайшев К.А. Особенности роста и формирования телосложения северных оленей ненецкой породы. *Международный вестник ветеринарии*. 2022; (2): 104–111. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.2.104>
2. Крутикова А.А., Пегливанян Г.К. Анализ полиморфизма гена BMP2 костного морфогенетического белка-2 у северных оленей. *Международный вестник ветеринарии*. 2023; (2): 161–170. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.2.161>
3. Бондарь М.Г., Колпашчиков Л.А. Результаты исследований таймырской популяции дикого северного оленя за последние 10 лет. Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана. IV Всероссийская научная конференция: доклады. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН. 2023; 194–200. <https://www.elibrary.ru/fvaglo>
4. Давыдов А.В. Современное состояние популяций дикого северного оленя в России. Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов. Материалы Международной научно-практической конференции, приуроченной к 120-летию со дня рождения профессора В.Н. Скалона, в рамках XII Международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии». Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. 2023; 50–56. <https://www.elibrary.ru/kwjccf>
5. Южаков А.А. Личные олени как основа сохранения оленеводства. *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2017; (4) 28–31. <https://elibrary.ru/xnblbb>
6. Попова А.В., Голикова Л.В. Породы северных домашних оленей в СПК(Ф) «Томпо». Вызовы и перспективы аграрной науки и образования. Сборник статей научно-практической конференции, посвященной 65-летию высшего аграрного образования в Республике Саха (Якутия). Якутск: Арктический государственный агротехнологический университет. 2021; 58–61. <https://www.elibrary.ru/vsairv>
7. Митюков А.С., Канева Л.А., Жариков Я.А. Вероятные направления производства мяса в северных регионах Российской Федерации. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2015; 39: 129–131. <https://www.elibrary.ru/uxwmcf>
8. Пономарева Е.С., Филиппова В.А. Отличия состава микробиоты рубца северного оленя в зависимости от ареала обитания. Механизмы адаптации микроорганизмов к различным условиям среды обитания. тезисы докладов II Всероссийской научной конференции с международным участием. Иркутск: Иркутский государственный университет. 2022; 75–77. <https://www.elibrary.ru/minaiu>
9. Шароглазова Л.П. Разработка рецептов деликатесных продуктов из мяса северного оленя. Актуальные вопросы переработки и формирования качества продукции АПК. Материалы Международной научной конференции. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2021; 71–73. <https://www.elibrary.ru/uwprkr>
10. Южаков А.А., Забродин В.А., Тюкалов Ю.А. Сравнительная характеристика мяса домашних и диких северных оленей. Аграрная наука на современном этапе развития северных и арктических территорий. Сборник научных материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященный 90-летию Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции (1932–2022). Нарьян-Мар. 2022; 55–58. <https://www.elibrary.ru/kurhdm>
11. Лобанов А.А., Андронов С.В., Попов А.И., Богданова Е.Н., Кочкин Р.А., Лобанова Л.П. Уменьшение негативных последствий холодового стресса при потреблении мяса северного оленя. Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. М.: Медицинское информационное агентство. 2023; 455–456. <https://www.elibrary.ru/ezwuwf>
12. Лосорова Ю.Е., Степанов К.М. Аминокислотный состав белков продукции домашнего северного оленеводства. Чугуновские агропрочтения. Сборник научных статей по материалам XV Всероссийской научно-практической конференции агротехнологической направленности «Чугуновские агропрочтения — 2023», посвященной 85-летию академика, профессора, доктора сельскохозяйственных наук А.В. Чугунова и 35-летию агропрофилированных школ Республики Саха (Якутия). Якутск: Издательский дом СКФУ. 2023; 293–298. <https://www.elibrary.ru/kgumbh>
13. Okuskhanova E. et al. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Veterinary World*. 2017; 10(6): 623–629. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.623-629>
14. Брызгалов Г.Я., Игнатович Л.С. Селекционно-племенная работа в северном оленеводстве (к смене парадигмы развития). *Генетика и разведение животных*. 2022; (4): 29–36. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-29-36>
15. Liu Y., Zhou J., Bian Y., Wang T., Xue H., Liu L. Estimation of Weight and Body Measurement Model for Pigs Based on Back Point Cloud Data. *Animals*. 2024; 14(7): 1046. <https://doi.org/10.3390/ani14071046>

FUNDING

The study was funded by scientific research of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic No. 124020200114-7.

REFERENCES

1. Yuzhakov A.K., Laishev K.A. Features of the growth and formation of the physique of Nenets reindeer from birth to puberty. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022; (2): 104–111 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.2.104>
2. Krutikova A.A., Peglivanyan G.K. Analysis of BMP2 gene polymorphism of bone morphogenetic protein-2 in reindeer. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2023; (2): 161–170 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.2.161>
3. Bondar M.G., Kolpashchikov L.A. Results of studies of the Taimyr wild reindeer population over the past 10 years. *Biodiversity of ecosystems of the Far North: inventory, monitoring, protection. IV All-Russian scientific conference: reports*. Syktyvkar: Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2023; 194–200 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fvaglo>
4. Davydov A.V. Current state of wild reindeer populations in Russia. Protection and rational use of animal and plant resources. *Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 120th anniversary of the birth of Professor V.N. Skalon, within the framework of the XII International scientific and practical conference "Climate, Ecology, Agriculture of Eurasia"*. Molodezhnyy: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. 2023; 50–56 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kwjccf>
5. Yuzhakov A.A. Ppersonal reindeer as the basis of preservation of reindeer husbandry. *Scientific bulletin of Yamal-Nenets autonomous district*. 2017; (4) 28–31 (in Russian). <https://elibrary.ru/xnblbb>
6. Popova A.V., Golikova L.V. Breeds of northern domestic reindeer in the Agricultural production cooperative factory "Tompo". *Challenges and prospects of agricultural science and education. Collection of articles from the scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of higher agricultural education in the Republic of Sakha (Yakutia)*. Yakutsk: Arctic State Agrotechnological University. 2021; 58–61 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vsairv>
7. Mityukov A.S., Kaneva L.A., Zharikov Ya.A. Likely avenues of meat production in the northern regions of the Russian Federation. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2015; 39: 129–131 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uxwmcf>
8. Ponomareva E.S., Filippova V.A. Differences in the composition of the microbiota of the rumen of reindeer depending on the habitat. *Mechanisms of adaptation of microorganisms to various environmental conditions. Abstracts of the Second All-Russian Scientific Conference with International Participation*. Irkutsk: Irkutsk State University. 2022; 75–77 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/minaiu>
9. Sharoglazova L.P. Development of recipes for delicacy products from reindeer meat. *Actual issues of processing and formation of quality of agricultural products. Proceedings of the international scientific conference*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. 2021; 71–73 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uwprkr>
10. Yuzhakov A.A., Zabrodin V.A., Tyukalov Yu.A. Comparative characteristics of meat of domestic and wild reindeer. *Agricultural science at the present stage of development of the northern and arctic territories. Collection of scientific materials of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 90th anniversary of the Naryan-Mar agricultural experiment station (1932–2022)*. Naryan-Mar. 2022; 55–58 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kurhdm>
11. Lobanov A.A., Andronov S.V., Popov A.I., Bogdanova E.N., Kochkin R.A., Lobanova L.P. Reducing the negative effects of cold stress when consuming reindeer meat. *Fundamental and applied aspects of nutrition and dietetics*. Moscow: Medical Information Agency. 2023; 455–456 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ezwuwf>
12. Losorova Yu.E., Stepanov K.M. Amino acid composition of proteins from domestic reindeer herding products. *Chugunovsky agricultural readings. A collection of scientific articles based on the materials of the XV All-Russian scientific and practical conference of agro-technological orientation "Chugunov Agricultural Readings — 2023", dedicated to the 85th anniversary of academican, professor, doctor of agricultural sciences A.V. Chugunov and the 35th anniversary of agro-profiled schools of the Republic of Sakha (Yakutia)*. Yakutsk: Publishing house "North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov". 2023; 293–298 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kgumbh>
13. Okuskhanova E. et al. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Veterinary World*. 2017; 10(6): 623–629. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.623-629>
14. Bryzgalov G.Ya., Ignatovich L.S. Selection and breeding work in northern reindeer husbandry (to change the development paradigm). *Genetics and breeding of animals*. 2021; (4): 29–36 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-29-36>
15. Liu Y., Zhou J., Bian Y., Wang T., Xue H., Liu L. Estimation of Weight and Body Measurement Model for Pigs Based on Back Point Cloud Data. *Animals*. 2024; 14(7): 1046. <https://doi.org/10.3390/ani14071046>

16. Ashwini J.P., Sanjay P., Amipara G.J., Lunagariya P.M., Parmar D.J., Rank D.N. Prediction of Body Weight based on Body Measurements in Crossbred Cattle. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019; 8(3): 1597–1611. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.186>
17. Южаков А.А. Возрастные изменения пищевой ценности мяса домашних северных оленей. *Генетика и разведение животных*. 2018; (2): 129–134. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-2-129-134>
18. van den Berg M., Wallen H., Salmi A.-K. The osteometric identification of castrated reindeer (*Rangifer tarandus*) and the significance of castration in tracing human-animal relationships in the North. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2023; 15: 3. <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01696-y>
19. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б., Видякин Ю.Ю. Динамика показателей линейного роста и индексов телосложения товарного молодняка мясной птицы в зависимости от живой массы в суточном возрасте. *Аграрная наука*. 2023; 1(10): 68–72. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-68-72>
20. Белооков А.А., Белоокова О.В., Стулов С.С., Гриценко С.А., Ребезов М.Б., Зяблищева М.А. Оценка мясных качеств помесного молодняка свиней разной селекции. *Аграрная наука*. 2023; (4): 70–74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74>
21. Гриценко С.А., Ребезов М.Б. Оценка прямолинейности связей между показателями онтогенеза и продуктивными качествами поголовья товарного стада птицы мясного кросса. *Всё о мясе*. 2024; (3): 54–60. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
22. Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Базеев С.О., Комков И.В. Обзор исследований и технологий, применимых для цифровизации процесса оценки экстерьера животных в мясном и молочном животноводстве. *Аграрная наука*. 2024; (4): 114–122. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>
23. Шеховцев Г.С., Прохоров И.П., Пикун А.Н. *Мировой опыт определения живой массы КРС. Эффективное животноводство*. 2021; (5): 132–134. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-5-132-134>
24. Ручай А.Н. Модель прогнозирования живого веса с помощью глубокой регрессии RGB-D-изображений. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика*. 2023; 12(1): 5–27. <https://doi.org/10.14529/cmse230101>
25. Шевелёва О.М., Бахарева А.А., Логинов С.В. Экстерьерные особенности ремонтного молодняка северных оленей. *Аграрная наука в АПК: от идеи к внедрению. Сборник Международной научно-практической конференции. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья*. 2023; 171–176. <https://www.elibrary.ru/orbair>
26. Фёдоров В.И. Морфологические особенности северных домашних оленей по зонам разведения. *Актуальные проблемы ветеринарной медицины и биотехнологии. Сборник научных трудов Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию открытия специальности «ветеринария»*. Кинель: Самарский государственный аграрный университет. 2024; 182–186. <https://www.elibrary.ru/aaxpgu>
27. Guvenoglu E. Determination of the Live Weight of Farm Animals with Deep Learning and Semantic Segmentation Techniques. *Applied Sciences*. 2023; 13(12): 6944. <https://doi.org/10.3390/app13126944>
28. Rosa G.J.M. Quantitative Methods Applied to Animal Breeding. Spangler M.L. (ed.). *Animal Breeding and Genetics*. New York, NY: Springer. 2022; 25–49. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2460-9_334
29. Романова Е.А., Тулинова О.В. Конструирование прогнозного индекса для получения новых высокоценных генотипов коров. *Аграрная наука*. 2024; (7): 69–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-69-73>
30. Talokar A.J. et al. Recent Advances in Sire Evaluation Methods: A Review. *Indian Journal of Animal Research*. 2023; 57(4): 395–401. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4280>
31. Tahtali Y. Use of factor scores in multiple regression analysis for estimation of body weight by certain body measurements in Romanov Lambs. *PeerJ*. 2019; 7: e7434. <https://doi.org/10.7717/peerj.7434>
16. Ashwini J.P., Sanjay P., Amipara G.J., Lunagariya P.M., Parmar D.J., Rank D.N. Prediction of Body Weight based on Body Measurements in Crossbred Cattle. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019; 8(3): 1597–1611. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.186>
17. Yuzhakov A.A. Age-related changes in the nutritional value of domestic reindeer meat. *Genetics and breeding of animals*. 2018; (2): 129–134 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-2-129-134>
18. van den Berg M., Wallen H., Salmi A.-K. The osteometric identification of castrated reindeer (*Rangifer tarandus*) and the significance of castration in tracing human-animal relationships in the North. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2023; 15: 3. <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01696-y>
19. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B., Vidyakin Yu.Yu. Dynamics of indicators of linear growth and physique indices of marketable young beef poultry depending on live weight at day old. *Agrarian science*. 2023; 1(10): 68–72 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-68-72>
20. Belookov A.A., Belookova O.V., Stvolov S.S., Gritsenko S.A., Rebezov M.B., Zyablitsheva M.A. Evaluation of meat qualities of crossbred young pigs of different breeding. *Agrarian science*. 2023; (4): 70–74 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74>
21. Gritsenko S.A., Rebezov M.B. Evaluation of the linearity of the relationships between the ontogenesis indicators and the productive qualities of the commercial herd of meat cross poultry. *Vse o myase*. 2024; (3): 54–60 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
22. Yurochka S.S., Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Bazaev S.O., Komkov I.V. Review of researches and technologies applicable to digitalization of the process of assessing the exterior of meat and dairy animals. *Agrarian science*. 2024; (4): 114–122 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>
23. Shekhovtsev G.S., Prokhorov I.P., Pikul A.N. World experience in determining live weight of cattle *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2021; (5): 132–134 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-5-132-134>
24. Ruchay A.N. Prediction Model of Live Weight Using Deep Regression RGB-D Images. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering*. 2023; 12(1): 5–27 (in Russian). <https://doi.org/10.14529/cmse230101>
25. Sheveleva O.M., Bakharev A.A., Loginov S.V. Exterior features of young reindeer replacements. *Agricultural science in the agro-industrial complex: from ideas to implementation. Collection of the International scientific and practical conference*. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. 2023; 171–176 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/orbair>
26. Fedorov V.I. Morphophysiological features of domestic reindeer by breeding zones. *Actual problems of veterinary medicine and biotechnology Collection of scientific papers of the National scientific and practical conference with international participation dedicated to the 25th anniversary of the opening of the specialty "veterinary medicine"*. Kinel: Samara State Agrarian University. 2024; 182–186 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/aaxpgu>
27. Guvenoglu E. Determination of the Live Weight of Farm Animals with Deep Learning and Semantic Segmentation Techniques. *Applied Sciences*. 2023; 13(12): 6944. <https://doi.org/10.3390/app13126944>
28. Rosa G.J.M. Quantitative Methods Applied to Animal Breeding. Spangler M.L. (ed.). *Animal Breeding and Genetics*. New York, NY: Springer. 2022; 25–49. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2460-9_334
29. Romanova E.A., Tulanova O.V. Construction of a predictive index to create new high-value genotypes of cows. *Agrarian science*. 2024; (7): 69–73 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-69-73>
30. Talokar A.J. et al. Recent Advances in Sire Evaluation Methods: A Review. *Indian Journal of Animal Research*. 2023; 57(4): 395–401. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4280>
31. Tahtali Y. Use of factor scores in multiple regression analysis for estimation of body weight by certain body measurements in Romanov Lambs. *PeerJ*. 2019; 7: e7434. <https://doi.org/10.7717/peerj.7434>

ОБ АВТОРАХ

Григорий Карапетович Пегливанян
младший научный сотрудник
Peglivanian_grig@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5194-4851>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Московское шоссе, 55А, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Grigory Karapetovich Peglivanyan
Junior Researcher
Peglivanian_grig@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5194-4851>

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry,

55A Moscow shosse, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia