

**РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ/BREEDING, SELECTION, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY OF ANIMALS**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.10> EDN: EACBDP**АППРОКСИМАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КОРРЕЛЯЦИЙ ПРИ СЕЛЕКЦИИ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ (*RANGIFER TARANDUS*) ПО ЖИВОЙ МАССЕ И ПРОМЕРАМ С ПОМОЩЬЮ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ КОРРЕЛЯЦИЙ**

Научная статья

**Южаков А.А.<sup>1</sup>, Свищева Г.Р.<sup>2</sup>, Лайшев К.А.<sup>3</sup>, Мусидрай А.А.<sup>4,\*</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-0633-4074;<sup>3</sup>ORCID : 0000-0003-2490-6942;<sup>1,3,4</sup>Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, Санкт-Петербург, Российская Федерация<sup>2</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (13linereg[at]mail.ru)

**Аннотация**

Цель исследований — оценка возможности использования фенотипических корреляций ( $r$ ) между живой массой, промерами и индексами телосложения в качестве аппроксимации генетических корреляций у домашних северных оленей. Исследована выборка из 98 важенок (самок) уральского экотипа ненецкой породы, отобранных случайным образом, без пороков телосложения и имевших теленка. В результате проведенных исследований в выборке наблюдались положительные фенотипические корреляции между живой массой и «обхватом груди» (+0,63), между живой массой и «глубиной груди» (+0,60). Средние значимые величины фенотипических корреляций с живой массой показали промеры: «высота в холке» (+0,59) «косая длина туловища» (+0,58), «длина головы» (+0,56), «ширина в маклоках» (+0,55), «ширина груди» (+0,42), «высота в локте» (+0,37). Сопоставление отклонений генетических корреляционных коэффициентов от фенотипических показало, что значения статистически совпадают в 26 случаях из 36 при разности, не превышающей 0,05, максимальная разница составила 0,18 между коэффициентами промеров «глубина груди» и «длина туловища». Такое высокое совпадение величин генетических и фенотипических корреляций позволяет делать вывод о высокой степени аппроксимации показателей, что важно для практической селекции по живой массе и линейным размерам животных. Статистически значимые величины обнаружены у 30 фенотипических корреляций, у генетических — 26 из 36 исследованных. Сравнительный анализ между фенотипическими и генетическими корреляционными матрицами показал совпадение значимых величин 87%, что дает основание считать аппроксимацию убедительной. Фенотипические корреляции между индексами телосложения и живой массой показали положительную, но низкую степень корреляций +0,1–0,2. Предлагается использовать фенотипические корреляции в качестве приближенной оценки генетических корреляций при селекции северных оленей.

**Ключевые слова:** северные олени, фенотипические корреляции, генетические корреляции, аппроксимация генотипа.

**APPROXIMATION OF GENETIC CORRELATIONS IN THE SELECTION OF REINDEER (*RANGIFER TARANDUS*) FOR LIVE WEIGHT AND MEASUREMENTS USING PHENOTYPIC CORRELATIONS**

Research article

**Yuzhakov A.A.<sup>1</sup>, Svishcheva G.R.<sup>2</sup>, Laishev K.A.<sup>3</sup>, Musidray A.A.<sup>4,\*</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-0633-4074;<sup>3</sup>ORCID : 0000-0003-2490-6942;<sup>1,3,4</sup>St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation<sup>2</sup>Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (13linereg[at]mail.ru)

**Abstract**

The aim of the study was to evaluate the possibility of using phenotypic correlations ( $r$ ) between live weight, measurements and index of body-built as an approximation of genetic correlations in domestic reindeer. A sample of 98 females of the Ural ecotype of the Nenets breed was studied; these were selected at random, were free from body defects and had a calf. The research showed positive phenotypic correlations within the sample between live weight and 'chest circumference' (+0.63), and between live weight and 'chest depth' (+0.60). The mean significant values of phenotypic correlations with live weight were as follows: 'height at the withers' (+0.59), 'oblique body length' (+0.58), 'head length' (+0.56), 'width at the withers' (+0.55), 'chest width' (+0.42), and 'height at the head of the femur' (+0.37). A comparison of the deviations of the genetic correlation coefficients from the phenotypic ones indicated that the values statistically coincided in 26 out of 36 cases, with a difference not exceeding 0.05; the maximum difference was 0.18 between the coefficients of the measurements 'chest depth' and 'body length'. Such a high degree of correlation between genetic and phenotypic values allows to conclude that there is a high degree of approximation of the indicators, which is important for practical selection based on live weight and linear measurements of animals. Statistically significant values were found in 30 phenotypic correlations and in 26 of the 36 examined genetic correlations. A comparative analysis of the phenotypic and genetic correlation matrices revealed an 87% overlap in significant values, which provides grounds for regarding the approximation as convincing.



Phenotypic correlations between index of body-built and live weight showed a positive but low degree of correlation (+0.1–0.2). It is suggested to use phenotypic correlations as an approximate estimate of genetic correlations in the selection of reindeer.

**Keywords:** reindeer, phenotypic correlations, genetic correlations, genotype approximation.

### Введение

Северные олени — животные универсальной продуктивности: от них получают мясо, субпродукты, кожевенно-меховую продукцию, панты и рога, эндокринно-ферментное сырье. Олени используются для передвижения коренного населения в тундре и тайге, для перевозок грузов. В ряде районов практикуется доение важенок (отелившихся самок). Но главной продукцией северного оленеводства по-прежнему остается мясная, она дает основной доход хозяйствам всех форм собственности.

Наибольшая по численности ненецкая порода северных оленей выпасается в трех федеральных округах: Северо-Западном, Уральском и Сибирском и насчитывает 1 млн. 222 тыс. голов, что составляет 78% от всего российского поголовья домашних северных оленей [1]. По данным отчета «Анализ рынка оленины в России», подготовленного BusinesStat в 2022 г, в 2021 г., производство мяса оленей в РФ выросло на 6,7%: с 9 до 9,6 тыс. т (в убойном весе). Хозяйства, выпасающие ненецкую породу оленей, произвели 77,1% товарной оленины [2].

Чтобы поддерживать и совершенствовать показатели мясной продуктивности северных оленей, в отрасли разрабатываются и внедряются инновационные приемы селекции, включая молекулярно-генетический анализ [3].

Микроэволюционные изменения в популяциях определяются взаимодействием наследственности (генов) и условий окружающей среды. Сочетание этих факторов, а также взаимное влияние формирует внешний вид и характеристики организма (фенотип). В животноводстве для понимания этих процессов и повышения эффективности селекции используют корреляционный анализ. Этот статистический метод позволяет оценить, как связаны между собой различные признаки. Фенотипическая корреляция, то есть наблюдаемая связь между признаками, складывается из генетической (наследственной) и негенетической (связанной с условиями среды) составляющих. Анализ генетической корреляции позволяет понять, как селекция влияет на разные признаки одновременно. Если признаки связаны положительно, то отбор по одному из них улучшает и другой. Однако отрицательная корреляция затрудняет одновременное улучшение обоих признаков.

В силу уникальности северного оленеводства и суровых условий среды, точно определить генетическую взаимосвязь между признаками у оленей, крайне затруднительно. Тем не менее, в научной литературе распространено мнение, что при соблюдении условий, наблюдаемые фенотипические корреляции могут служить индикатором генетических корреляций [5]. Эта концепция, известная как гипотеза Шеверуда, предполагает тесную связь между генетическими и фенотипическими корреляциями [6]. Эмпирические исследования на растениях, насекомых и животных подтверждают эту гипотезу [7], [8], [9], что дает возможность использовать фенотипические корреляции для оценки генетических.

Живая масса — показатель, определяющий мясную продуктивность сельскохозяйственных животных. Ранее, при изучении полезных хозяйственных характеристик пород и популяций северных оленей, уже применялся корреляционный анализ [10], [11].

В предыдущих исследованиях нами было установлено, что у северных оленей ненецкой породы наблюдается статистически значимая изменчивость, связанная с географическим положением. В Ямало-Ненецком автономном округе было проведено исследование, направленное на оценку возможности улучшения продуктивности домашних северных оленей путем селекции по живой массе. Анализ показал, что вес матери оказывает статистически значимое влияние на вес потомства в первые полгода жизни. Кроме того, вес оленей в 6 месяцев ( $r \leq 0,6$ ) коррелирует с весом в 1,5 года, что может быть использовано для раннего отбора перспективных животных. Однако эта связь ослабевает к возрасту 2,5 лет ( $r \leq 0,5$ ) [12], [13].

Внедрение мультиплексных панелей микросателлитов [14], [15], [17] стало прогрессом в анализе генетической структуры популяций северного оленя, обеспечив точную оценку происхождения и генетического разнообразия. Фенотипическая оценка, несмотря на значимость в селекции, требует валидации генетическими методами. Подтверждение соответствия фенотипических корреляций генетическим позволит оптимизировать стратегию селекции, сократив число анализируемых признаков или скорректировав их выбор, без ущерба для селекционной эффективности.

Цель исследования — оценка возможности использования фенотипических корреляций ( $r$ ) между живой массой, промерами и индексами телосложения в качестве аппроксимации генетических корреляций у домашних северных оленей.

### Методы и принципы исследования

В 2020 году проведено зоотехническое обследование оленей, принадлежащих Ямальской опытной станции ТюмНЦ СО РАН. В рамках этого обследования для дальнейшего изучения случайным образом выбрали 98 здоровых важенок от 3 до 9 лет, без видимых отклонений в телосложении и имевших потомство. Оценка живой массы и измерения тела оленей проводились в соответствии с методическими рекомендациями, разработанными отделом оленеводства НИИСХ Крайнего Севера [18].

С точностью до 1 см измерялись следующие параметры:

- Мерной палкой: высота в холке и в локте, глубина и ширина груди (за лопатками).
- Мерной лентой: косая длина туловища и обхват груди.
- Мерным циркулем: ширина в маклоках и длина головы.

На основе полученных данных рассчитаны индексы телосложения: массивности, растянутости, сбитости и эйрисомии. Эти индексы позволяют оценить пропорции тела животных, мясную продуктивность.

Дополнительно у всех обмеренных животных был отобран биологический материал (пробы хрящевой ткани ушной раковины) для дальнейших генетических исследований.

Генетические исследования и математическая обработка проведена в лаборатории генетики животных Института общей генетики им. Н.И. Вавилова по 16 микросателлитным маркерам, в которых выявлено 119 аллелей. Число аллелей на локус варьировалось от 2 до 13 [19]. Были вычислены фенотипические и генотипические линейные корреляции промеров и индексов по Пирсону.

Полученные данные обработаны статистически с использованием программного обеспечения MS Statistica 27.

### Основные результаты

Фенотипические корреляции. Полученные значения корреляций были положительными, но различались по величине (силе). Положительные показатели обнаружены между «живой массой» и «обхватом груди» (+0,63), между «живой массой» и «глубиной груди» (+0,60), а также между «высотой в холке» (+0,60) и «высотой в локте» (+0,84), между «высотой в холке» и «глубиной груди» (+0,71), (табл. 1).

Таблица 1 - Фенотипические корреляции между живой массой и размерами тела, а также статистическая значимость (р-значения), были определены у домашних северных оленей

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.10.1>

Фенотипические корреляции	Живая масса	Высота в холке	Высота в локте	Глубина груди	Обхват груди	Ширина груди	Ширина в маклоках	Косая дл. туловища	Длина головы
Живая масса	1								
Высота в холке	0,59*	1							
Высота в локте	0,37*	<b>0,84**</b>	1						
Глубина груди	<b>0,6**</b>	<b>0,71**</b>	0,27*	1					
Обхват груди	<b>0,63**</b>	0,46*	0,24	0,55*	1				
Ширина груди	0,42*	0,27*	0,13	0,31*	0,55*	1			
Ширина в маклоках	0,55*	0,36*	0,24	0,31*	0,37*	0,46*	1		
Косая дл. туловища	0,58*	0,45*	0,31*	0,39*	0,23	0,1	0,31*	1	
Длина головы	0,56*	0,37*	0,26	0,35*	0,37*	0,29*	0,37*	0,39*	1

Примечание: \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$

Статистически значимыми показатели были у 30 фенотипических корреляций. Максимально значимые величины фенотипических корреляций с живой массой показали промеры: «высота в холке» (+0,59), «косая длина туловища» (+0,58), «длина головы» (+0,56), «ширина в маклоках» (+0,55), «ширина груди» (+0,42), «высота в локте» (+0,37).

Генетические корреляции. Для определения генетических корреляций между признаками использовалась линейная регрессионная модель, в которой каждый анализируемый признак разбивается на две компоненты: генетическую ( $G\beta$ ) и средовую ( $e$ ). В модели  $Y$  представляет собой вектор значений признака,  $X$  — матрица ковариат, состоящая из двух столбцов, где первый столбец содержит вектор единиц, а второй — вектор возраста.  $G$  — это матрица генотипов с элементами 0, 1 и 2, отражающими количество определённого аллеля в конкретном локусе у данного животного. Вектор фиксированных эффектов ковариат (интерсепт и возраст) обозначен как  $\beta$  — вектор фиксированных генетических эффектов на признак, а  $e$  — вектор случайных остатков модели. Предполагается, что регрессионные остатки имеют нормальное распределение с параметрами, где  $2$  — это дисперсия признака.

Генетические корреляции ( $G\beta$ ) между генетическими компонентами каждой пары изучаемых признаков рассчитаны и представлены в таблице 2. Согласованность между фенотипическими и генетическими корреляционными матрицами оценивалась посредством ранговой корреляции Спирмена. Полученные результаты свидетельствуют о соответствии между фенотипическими и генотипическими корреляциями ( $\rho = 0,91, p < 2,2 \times 10^{-16}$ ).

Таблица 2 - Оценка генетических корреляций между живой массой и морфометрическими признаками у домашних северных оленей

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.10.2>

Генетические корреляции	Живая масса	Высота в холке	Высота в локте	Глубина груди	Обхват груди	Ширина груди	Ширина в маклоках	Косая дл. туловища	Длина головы
Живая масса	1								
Высота в холке	0,54*	1							
Высота в локте	0,31*	<b>0,83**</b>	1						
Глубина груди	0,52*	<b>0,71**</b>	0,26	1					
Обхват груди	0,57*	0,47*	0,23	0,57*	1				
Ширина груди	0,45*	0,31*	0,13	0,38*	0,61*	1			
Ширина в маклоках	0,46*	0,36*	0,23	0,25	0,27*	0,52*	1		
Косая дл. туловища	0,54*	0,41*	0,32*	0,23	0,23	0,11	0,21	1	
Длина головы	0,58*	0,32*	0,23	0,28*	0,43*	0,36*	0,38*	0,38*	1

Примечание: \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$

Статистически значимыми были 26 генетических корреляций.

Сопоставление отклонений генетических корреляционных коэффициентов от фенотипических (Таблица 3) показало, что значения статистически совпадают в 26 случаях из 36 при разности, не превышающей 0,05, разница составила 0,18 между коэффициентами промеров «глубина груди» и «длина туловища». Такое совпадение величин генетических и фенотипических корреляций позволяет делать вывод о значительной величине аппроксимации показателей, что важно для практической селекции по живой массе и линейным размерам животных.

Таблица 3 - Значения отклонений генетических корреляционных коэффициентов от фенотипических

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.10.3>

Признак	Живая масса	Высота в холке	Высота в локте	Глубина груди	Обхват груди	Ширина груди	Ширина в маклоках	Косая длина туловища	Длина головы
Живая масса	1	0,06	-0,06	-0,08	-0,06	0,04	-0,09	-0,04	0,02
Высота в холке		1	-0,01	0,00	0,02	0,04	0,00	-0,04	-0,06
Высота в локте			1	-0,01	-0,02	0,00	-0,01	0,01	-0,02

Признак	Живая масса	Высота в холке	Высота в локте	Глубина груди	Обхват груди	Ширина груди	Ширина в маклоках	Косая длина туловища	Длина головы
локте									
Глубина груди				1	0,02	0,06	-0,06	-0,16	-0,07
Обхват груди					1	0,06	-0,09	0,00	0,06
Ширина груди						1	0,06	0,02	0,07
Ширина в маклоках							1	-0,10	0,01
Косая длина туловища								1	-0,02
Длина головы									1

Фенотипические корреляции индексов, как и промеров, дают многомерную цифровую модель домашнего животного, которая может быть использована в селекции и планировании хозяйственного использования. В таблице 4 представлены средние показатели индексов важенок ненецкой породы, а также фенотипические корреляции индексов с живой массой и между собой. Были получены положительные корреляции исследованных индексов с живой массой, однако величина их была на низком уровне: от +0,10 до +0,20.

Таблица 4 - Живая масса, индексы телосложения и их фенотипические корреляции у важенок ненецкой породы

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.10.4>

Показатель	Живая масса, кг	Индексы телосложения, %			
		Массивности	Растянутости	Сбитости	Эйрисомии
	82,7±0,78	121,7±0,49	107,7±0,42	113,0±0,57	24,6±0,16
		+0,12	+0,12	+0,1	+0,2
И. массивности	+0,12	1	+0,21*	+0,64**	+0,43**
И. растянутости	+0,12	+0,21*	1	-0,62**	-0,17
И. сбитости	+0,10	+0,64**	-0,62**	1	+0,48**
И. эйрисомии	+0,20	+0,43**	-0,17	+0,48**	1

Примечание: \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$

Индекс массивности связан с другими индексами более тесно: связь с и. растянутости составила +0,21 при первом пороге достоверности, с И. сбитости +0,64 ( $p < 0,01$ ), с И. эйрисомии +0,43 ( $p < 0,01$ ). И. сбитости показал достоверную фенотипическую связь с И. эйрисомии +0,48 ( $p < 0,01$ ). И. растянутости и И. сбитости показали достоверно отрицательную связь – -0,62 ( $p < 0,01$ ), что закономерно, поскольку индексы отражают противоположные характеристики телосложения. Отрицательной в невысокой степени -0,17 оказалась связь И. эйрисомии и И. растянутости.

#### Заключение

Несмотря на развитие генетических методов, оценка животных по внешним признакам (фенотипу) остается частью селекции. Однако для повышения точности, результаты фенотипической оценки необходимо подтверждать генетическим анализом.

У домашних северных оленей обнаружена сильная взаимосвязь между живой массой и обхватом груди ( $r = +0,63$ ), а также глубиной груди ( $r = +0,60$ ). Также выявлена умеренная, но значимая связь живой массы с высотой в холке (+0,59), косой длиной туловища (+0,58), длиной головы (+0,56), шириной в маклоках (+0,55) и шириной груди (+0,42).



Генетический анализ с использованием микросателлитных маркеров подтвердил эти взаимосвязи, показав сходные результаты с фенотипическими корреляциями в 87% случаев. Сравнение фенотипических и генетических корреляционных матриц выявило высокую степень соответствия между ними. Взаимосвязь между индексами телосложения и живой массой оказалась положительной, но не выраженной.

В селекции северных оленей, направленной на увеличение живой массы и размеров тела, рекомендуется использовать фенотипические корреляции в качестве приближенной оценки генетических взаимосвязей.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 2000–2023 годах. — URL: [www.gks.ru/bgd/regl/b18\\_22/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b18_22/Main.htm) (дата обращения: 12.04.2025).
2. Анализ рынка оленины в России. — URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/13751/?ysclid=m9e9200o1396831224> (дата обращения: 12.04.2025).
3. Южаков А.А. Влияние наследственных и паратипических факторов на мясную продуктивность домашних северных оленей / А.А. Южаков, К.А. Лайшев, В.А. Забродин // *Аграрный вестник Урала*. — 2020. — № 11 (202). — С. 93–100.
4. Скуридин Г.М. Идентификация генотипа по фенотипу с помощью корреляций признаков / Г.М. Скуридин, С.Ф. Коваль // *Информационный вестник Всероссийского общества генетиков и селекционеров*. — 2002. — Т. 6, № 19. — С. 3.
5. Sodini S.M. Comparison of genotypic and phenotypic correlations: Cheverud's conjecture in humans / S.M. Sodini, K.E. Kemper, N.R. Wray [et al.] // *Genetics*. — 2018. — Vol. 209, № 3. — P. 941–948.
6. Cheverud J.M. A comparison of genetic and phenotypic correlations / J.M. Cheverud // *Evolution*. — 1988. — Vol. 42, № 5. — P. 958–968.
7. Waitt D.E. Genetic and phenotypic correlations in plants: a botanical test of Cheverud's conjecture / D.E. Waitt, D.A. Levin // *Heredity*. — 1998. — Vol. 80, № 3. — P. 310–319.
8. Ackermann R.R. Discerning evolutionary processes in patterns of tamarin (genus *Saguinus*) craniofacial variation / R.R. Ackermann, J.M. Cheverud // *American Journal of Physical Anthropology*. — 2002. — Vol. 117, № 3. — P. 260–271.
9. Reusch T. Quantitative genetics of the dung fly *Sepsis cynipsea*: Cheverud's conjecture revisited / T. Reusch, W. Blanckenhorn // *Heredity*. — 1998. — Vol. 81, № 1. — P. 111–119.
10. Свищёва Г.Р. Изучение корреляционных связей и генетических ассоциаций промеров у самок северных оленей (*Rangifer tarandus*) ненецкой породы / Г.Р. Свищёва, М.Т. Семина, Е.А. Коноров [и др.] // *Успехи современной биологии*. — 2023. — Т. 143, № 5. — С. 454–465.
11. Рожков Ю.И. Коэффициенты сходства между популяциями по количественным признакам и генотипам / Ю.И. Рожков, А.В. Проняев // *Сельскохозяйственная биология*. — 1992. — № 6. — С. 26–35.
12. Южаков А.А. Феногеографическая изменчивость северных оленей ненецкой породы / А.А. Южаков, Т.М. Романенко, К.А. Лайшев // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. — 2017. — № 2 (47). — С. 115–122.
13. Южаков А.А. О наследуемости и повторяемости живой массы у северных оленей / А.А. Южаков // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. — 2003. — № 3. — С. 165–167.
14. Røed K.H. Genetic analyses reveal independent domestication origins of Eurasian reindeer / K.H. Røed, O. Flagstad, M. Nieminen [et al.] // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. — 2008. — Vol. 275, № 1645. — P. 1849–1855.
15. McLoughlin P.D. Genetic diversity and relatedness of boreal caribou populations in western Canada / P.D. McLoughlin, M. Paetkau, C. Dzus [et al.] // *Biological Conservation*. — 2004. — Vol. 118, № 5. — P. 593–598.
16. Colson K.E. Reindeer introgression and the population genetics of caribou in southwestern Alaska / K.E. Colson, K.H. Mager, K.J. Hundertmark // *Journal of Heredity*. — 2014. — Vol. 105, № 5. — P. 585–596.
17. Zhai J.-C. Analysis on genetic diversity of reindeer (*Rangifer tarandus*) in the Greater Khingan Mountains using microsatellite markers / J.-C. Zhai, Q.-H. Liu, C.-Z. Wang [et al.] // *Zoological Studies*. — 2017. — Vol. 56.
18. Дьяченко Н.О. Рекомендации по племенной работе в северном оленеводстве / Н.О. Дьяченко ; Министерство сельского хозяйства РСФСР, НИИ сельского хозяйства Крайнего Севера Сибирского отделения ВАСХНИЛ. — Норильск, 1970. — 25 с.
19. Свищёва Г.Р. Изучение корреляционных связей и генетических ассоциаций промеров у самок северных оленей (*Rangifer tarandus*) ненецкой породы / Г.Р. Свищёва, М.Т. Семина, Е.А. Коноров [и др.] // *Успехи современной биологии*. — 2023. — Т. 143, № 5. — С. 454–465. — DOI: 10.31857/S0042132423050095.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Jekonomicheskie i social'nye pokazateli rajonov Krajnego Severa i priravnennyh k nim mestnostej v 2000–2023 godah [Economic and social indicators of the Far North and equivalent areas in 2000–2023]. — URL: [www.gks.ru/bgd/regl/b18\\_22/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b18_22/Main.htm) (accessed: 12.04.2025). [in Russian]
2. Analiz rynka oleniny v Rossii [Analysis of the venison market in Russia]. — URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/13751/?ysclid=m9e920001396831224> (accessed: 12.04.2025). [in Russian]
3. Juzhakov A.A. Vlijanie nasledstvennyh i paratipicheskikh faktorov na mjasnuju produktivnost' domashnih severnyh oleney [Influence of hereditary and paratypic factors on meat productivity of domestic reindeer] / A.A. Juzhakov, K.A. Lajshev, V.A. Zabrodin // Agrarnyj vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. — 2020. — № 11 (202). — P. 93–100. [in Russian]
4. Skuridin G.M. Identifikacija genotipa po fenotipu s pomoshhju korreljacij priznakov [Identification of genotype by phenotype using trait correlations] / G.M. Skuridin, S.F. Koval' // Informacionnyj vestnik Vserossijskogo obshhestva genetikov i selekcionerov [Information Bulletin of the All-Russian Society of Geneticists and Breeders]. — 2002. — Vol. 6, № 19. — P. 3. [in Russian]
5. Sodini S.M. Comparison of genotypic and phenotypic correlations: Cheverud's conjecture in humans / S.M. Sodini, K.E. Kemper, N.R. Wray [et al.] // Genetics. — 2018. — Vol. 209, № 3. — P. 941–948.
6. Cheverud J.M. A comparison of genetic and phenotypic correlations / J.M. Cheverud // Evolution. — 1988. — Vol. 42, № 5. — P. 958–968.
7. Waitt D.E. Genetic and phenotypic correlations in plants: a botanical test of Cheverud's conjecture / D.E. Waitt, D.A. Levin // Heredity. — 1998. — Vol. 80, № 3. — P. 310–319.
8. Ackermann R.R. Discerning evolutionary processes in patterns of tamarin (genus *Saguinus*) craniofacial variation / R.R. Ackermann, J.M. Cheverud // American Journal of Physical Anthropology. — 2002. — Vol. 117, № 3. — P. 260–271.
9. Reusch T. Quantitative genetics of the dung fly *Sepsis cynipsea*: Cheverud's conjecture revisited / T. Reusch, W. Blanckenhorn // Heredity. — 1998. — Vol. 81, № 1. — P. 111–119.
10. Svishhjoval G.R. Izuchenie korreljacionnyh svyazej i geneticheskikh asociacij promerov u samok severnyh oleney (Rangifer tarandus) neneckoj porody [Study of correlations and genetic associations of measurements in female reindeer (Rangifer tarandus) of the Nenets breed] / G.R. Svishhjoval, M.T. Semina, E.A. Konorov [et al.] // Uspehi sovremennoj biologii [Advances in Modern Biology]. — 2023. — Vol. 143, № 5. — P. 454–465. [in Russian]
11. Rozhkov Ju.I. Koeffitsienty shodstva mezhdju populjacijami po kolichestvennym priznakam i genotipam [Similarity coefficients between populations by quantitative traits and genotypes] / Ju.I. Rozhkov, A.V. Pronjaev // Sel'skohozjajstvennaja biologija [Agricultural Biology]. — 1992. — № 6. — P. 26–35. [in Russian]
12. Juzhakov A.A. Fenogeograficheskaja izmenchivost' severnyh oleney neneckoj porody [Phenogeographic variability of reindeer of the Nenets breed] / A.A. Juzhakov, T.M. Romanenko, K.A. Lajshev // Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of Saint Petersburg State Agrarian University]. — 2017. — № 2 (47). — P. 115–122. [in Russian]
13. Juzhakov A.A. O nasleduemosti i povtorjaemosti zhivoj massy u severnyh oleney [On heritability and repeatability of live weight in reindeer] / A.A. Juzhakov // Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki [Siberian Bulletin of Agricultural Science]. — 2003. — № 3. — P. 165–167. [in Russian]
14. Røed K.H. Genetic analyses reveal independent domestication origins of Eurasian reindeer / K.H. Røed, O. Flagstad, M. Nieminen [et al.] // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. — 2008. — Vol. 275, № 1645. — P. 1849–1855.
15. McLoughlin P.D. Genetic diversity and relatedness of boreal caribou populations in western Canada / P.D. McLoughlin, M. Paetkau, C. Dzus [et al.] // Biological Conservation. — 2004. — Vol. 118, № 5. — P. 593–598.
16. Colson K.E. Reindeer introgression and the population genetics of caribou in southwestern Alaska / K.E. Colson, K.H. Mager, K.J. Hundertmark // Journal of Heredity. — 2014. — Vol. 105, № 5. — P. 585–596.
17. Zhai J.-C. Analysis on genetic diversity of reindeer (*Rangifer tarandus*) in the Greater Khingan Mountains using microsatellite markers / J.-C. Zhai, Q.-H. Liu, C.-Z. Wang [et al.] // Zoological Studies. — 2017. — Vol. 56.
18. D'jachenko N.O. Rekomendacii po plemennoj rabote v severnom olenevodstve [Recommendations for breeding work in reindeer husbandry] / N.O. D'jachenko ; Ministry of Agriculture of the RSFSR, Research Institute of Agriculture of the Far North, Siberian Branch of the All-Union Academy of Agricultural Sciences. — Norilsk, 1970. — 25 p. [in Russian]
19. Svishhjoval G.R. Izuchenie korreljacionnyh svyazej i geneticheskikh asociacij promerov u samok severnyh oleney (Rangifer tarandus) neneckoj porody [Study of correlations and genetic associations of measurements in female reindeer (Rangifer tarandus) of the Nenets breed] / G.R. Svishhjoval, M.T. Semina, E.A. Konorov [et al.] // Uspehi sovremennoj biologii [Advances in Modern Biology]. — 2023. — Vol. 143, № 5. — P. 454–465. — DOI: 10.31857/S0042132423050095. [in Russian]