

## ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОВЕЦ СЕВЕРОКАВКАЗСКОЙ МЯСО-ШЕРСТНОЙ ПОРОДЫ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

**Криворучко Александр Юрьевич**, доктор биологических наук  
главный научный сотрудник отдела генетики и биотехнологий

**Каниболоцкая Анастасия Александровна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник  
отдела генетики и биотехнологий

**Катков Константин Александрович**, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный  
сотрудник лаборатории информационных технологий

ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр»

356241, Ставрополь Ставропольский край, Шпаковский р-н, г. Михайловск, ул. Никонова,  
д. 49; +7 (86553) 2-32-98; E-mail: info@fnac.center

**Ключевые слова:** фенотип, изменчивость, факторный анализ, овцы, мясо, продуктивность, селекция, разведение, промеры тела, оценка, ультрасонография

Залогом успешной селекционно-племенной работы и точности генетической оценки овец является полноценный сбор информации об их фенотипе. Большинство параметров, оцениваемых у племенных животных, устойчиво закрепились в породе. Однако, они не полностью отражают мясные качества овец, из-за чего не всегда возможно их использовать в программах геномной селекции. Целью работы является поиск новых информативных параметров фенотипа, связанных с мясной продуктивностью у овец породы северокавказская мясо-шерстная, для дальнейшего использования в программах геномной селекции. Изучена возможность определения таких параметров, как обхват плеча, предплечья и бедра измерительной лентой, а также толщины и ширины мышечного глазка (ТМГ и ШМГ), толщины бедренной мышцы и (ТБМ) жира в поясничной области (ТЖ) с помощью УЗИ-сканера. Объектом исследования служили бараны годовики ( $n=50$ ) породы СКШМ. Значимость новых параметров фенотипа оценили методом главных компонент. В ходе проведенной работы были установлены высоко достоверные связи ( $r>0,8$ ;  $p<0,01$ ) между живой массой баранов-годовиков и среднесуточным приростом, высотой в холке и крестце, шириной спины и груди, толщиной и шириной мышечного глазка. Результаты анализа главных компонент показали, что более 80 % фенотипической изменчивости объясняют первые шесть компонент. Наиболее значимым параметром при оценке общей дисперсии оказался промер ТБМ 0,67, а наименьшую значимость показал обхват бедра 0,16. Таким образом, определяемые с помощью УЗИ показатели ТБМ и ТЖ целесообразно использовать для фенотипической оценки овец породы северокавказская мясо-шерстная, в частности при поиске геномных ассоциаций с продуктивными качествами.

### Введение

Популяция овец на Ставрополье в основном состоит из местных пород, адаптированных к сложным климатическим и пастбищным условиям южных регионов России. Северокавказская мясо-шерстная - одна из пород овец, используемых для производства мяса. Она выведена в условиях СПК «Восток» Степновского района Ставропольского края и в конце XX века имела широкое распространение по всей России. Учитывая невысокую численность популяции сегодня, возрастает интерес к улучшению продуктивных свойств этой породы. Этот процесс должен основываться на выявлении животных с повышенным потенциалом мясной продуктивности, дальнейшей разработке и внедрении технологий геномной селекции [1, 2]. Однако, применение на практике последних достижений селекции не всегда возможно из-за ряда препятствий, одним из которых является скудный набор параметров фенотипа и данных

генотипирования, что затрудняет обнаружение генов и локусов, участвующих в формировании мясной продуктивности у овец [3].

Поиск и внедрение в практическую селекцию новых параметров фенотипа, имеющих большую вариабельность и характеризующих мясную продуктивность, является актуальной задачей [3, 4]. Значительную роль играют показатели, которые можно узнать прижизненно с применением современных возможностей неинвазивного сканирования тела. Ультразвуковое исследование является одним из самых широко используемых методов в мире для прижизненного определения параметров некоторых групп мышц, таких как длинная мышца спины, толщина жира. Полученные данные подтверждают высокую корреляцию между прижизненными и убойными показателями [5].

Важной задачей для селекционеров является оценка информативности используемых показателей для оценки фенотипа. Одним из

статистических инструментов эффективного поиска информативных параметров является анализ главных компонент. Он позволяет объединить показатели в компоненты по признаку наличия корреляции между ними, снижает размерность данных и в целом отражает вариативность признаков, помогая определить наиболее значимые [6].

Таким образом, целью нашей работы стал поиск информативных параметров фенотипа, связанных с показателями мясной продуктивности у овец породы северокавказская мясо-шерстная, для дальнейшего использования в программах геномной селекции.

#### Материалы и методы исследований

Исследование проводили в СПК «Племенной завод Восток» Степновского района Ставропольского края. Объектом исследования служили бараны (n=50) породы северокавказская мясо-шерстная (СКМШ) в возрасте одного года. Животные были клинически здоровы, содержались в оптимальных условиях, отвечающих зоотехническим нормам и зооигиеническим требованиям, не стрижены. Рационы кормления овец составлялись по детализированным нормам с учетом возраста [7]. Прижизненную оценку мясной продуктивности проводили в соответствии с сертифицированными методиками, применяемыми при бонитировке и описанными в ранее опубликованных материалах [8, 9]. В качестве новых параметров оценки фенотипа измеряли обхват плеча, предплечья и бедра с помощью измерительной ленты. С помощью переносного УЗИ-сканера Edan DUS 60 VET, (линейный датчик, частота 5,0 МГц) определяли толщину и ширину мышечного глазка (ТМГ и ШМГ), толщину жира (ТЖ) и толщину бедренной мышцы (ТБМ) после выстригания.

Статистическую обработку данных с подсчетом корреляций по методу Пирсона выполняли в программе Microsoft Excel 2016 (Microsoft, США). Достоверными считали значения при  $p < 0,01$ . С помощью пакетов прикладных программ Matlab провели нормирование всех значений с их последующим анализом методом главных компонент (principal component analysis, PCA) и визуализацией цифровых значений. Общность (доля общей дисперсии, присутствующей в переменной, представленной в матрице нагрузок) вычисляли по формуле:

$$h_i^2 = \sum_{k=1}^M a_{ik}^2 \quad (1),$$

График дисперсии строили с использова-

нием плагина для языка «R» [11].

#### Результаты исследований

В результате корреляционного анализа установлено, что большинство связей между различными промерами были положительными, однако мало достоверными. Высокодостоверные связи ( $r > 0,8$ ;  $p < 0,01$ , табл. 1) выявили между живой массой баранов-годовиков и среднесуточными приростом, высотой в холке и крестце, шириной спины и груди, толщиной и шириной мышечного глазка. Параметр глубина груди также достоверно коррелировал с ( $r > 0,8$ ;  $p < 0,01$ ) со среднесуточными приростами, живой массой баранов-годовиков, шириной спины и груди. Также выявлена корреляция ( $r = 0,58$ ,  $p < 0,01$ ) между предложенными параметрами - обхватом плеча и предплечья. Достоверных отрицательных корреляций не выявлено.

В результате анализа главных компонент определили дисперсию данных (рис.1), значение и долю объясненной дисперсии в каждой компоненте. Установили, что первые шесть компонент объясняют 81,5 % фенотипической изменчивости (табл.2). Первая компонента (ГК 1) определяет 28,3 % дисперсии. Наибольший вклад в формирование компоненты в совокупности вносят «характеристики роста»: живая масса баранов-годовиков и среднесуточный прирост, а также «параметры груди»: глубина и ширина груди.

Доля объясненной дисперсии во второй компоненте составляет более половины от первой. В наибольшей степени её формировали толщина и ширина мышечного глазка. Вторая главная компонента (ГК 2) составляет более половины от показателя первой. Также в фор-

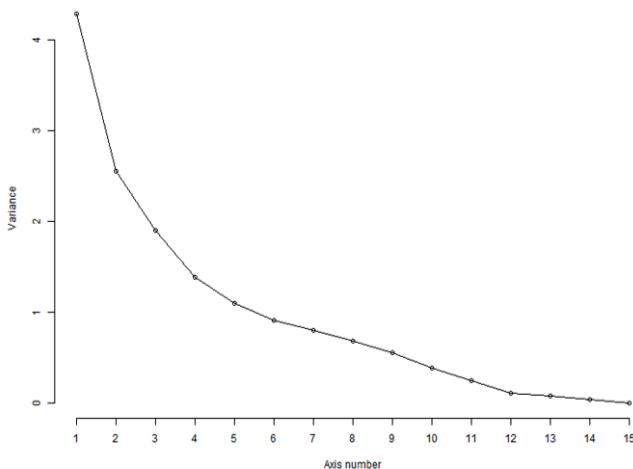


Рис. 1 - Дисперсия по осям главных компонент параметров продуктивности у овец северокавказской мясо-шерстной породы

Таблица 1.

Величина коэффициента корреляции (над диагональю) и показатель достоверности (под диагональю) для параметров прижизненной оценки мясной продуктивности у овец северокавказской мясо-шерстной породы

Наименование показателей	Живая масса баранчиков при рождении, кг	Живая масса баранов-годовиков, кг	Средне-суточный прирост баранов-годовиков, кг	Высота в холке, см	Высота в крестце, см	Ширина спины, см	Ширина груди, см	Глубина груди, см	Обхват плеча, см	Обхват предплечья, см	Обхват бедра, см	УЗИ			
												ШИМГ	ТЖ	ТБМ	
Живая масса баранчиков при рождении, кг	0	0,15	0,06	0,16	0,18	0,3*	0,22	0,36*	-0,01	0,1	0,02	0,42*	0,27	0,21	0,27
Живая масса баранов-годовиков, кг	0,297497	0	0,99*	0,44*	0,4*	0,41*	0,41*	0,53*	-0,22	-0,21	0,38*	-0,16	-0,09	0,14	0,18
Среднесуточный прирост баранов-годовиков, кг	0,662988	0,0000001	0	0,43*	0,39*	0,39*	0,39*	0,5*	-0,22	-0,22	0,38*	-0,2	-0,12	0,12	0,15
Высота в холке, см	0,272308	0,001267	0,001669	0	0,96*	0,15	0,18	0,44*	0,14	0,03	0,36*	0,01	-0,04	-0,01	0,06
Высота в крестце, см	0,222305	0,003632	0,004858	0	0	0,13	0,19	0,45*	0,19	0,08	0,34*	0,03	-0,04	0	0,09
Ширина спины, см	0,031524	0,002836	0,005057	0,307209	0,353196	0	0,89*	0,55*	-0,13	0,04	0,28	0,15	0,2	0,06	-0,04
Ширина груди, см	0,117159	0,003439	0,005117	0,20588	0,187173	0,0000001	0	0,64*	-0,11	0,05	0,29*	0,16	0,23	0,17	0,02
Глубина груди, см	0,010118	0,000088	0,000226	0,001549	0,001127	0,000042	0,0000007	0	-0,11	-0,04	0,42*	0,04	0	0,11	0,31*
Обхват плеча, см	0,967919	0,120114	0,11742	0,334522	0,183058	0,372425	0,432271	0,453508	0	0,58*	-0,02	0,09	-0,04	0,06	-0,05
Обхват предплечья, см	0,498201	0,136538	0,117501	0,85763	0,600767	0,774787	0,740534	0,776138	0,000011	0	-0,01	0,18	0,22	-0,02	0,09
Обхват бедра, см	0,898721	0,006249	0,005964	0,011298	0,015321	0,050435	0,042445	0,002386	0,893569	0,937152	0	-0,16	-0,21	0,12	-0,02
УЗИ	ТМГ	0,00271	0,272513	0,955566	0,840667	0,302896	0,271963	0,770721	0,514252	0,205161	0,27674	0	0,84*	0,03	0,27
	ШИМГ	0,060442	0,511899	0,408356	0,794324	0,157539	0,101319	0,987753	0,788553	0,128335	0,137864	0,0000001	0	0,03	0,25
	ТЖ	0,146456	0,330547	0,393421	0,968168	0,686194	0,237546	0,455013	0,661335	0,866163	0,415664	0,8516979	0,840048	0	0,06
	ТБМ	0,060419	0,222557	0,286963	0,665439	0,806806	0,879091	0,026594	0,732073	0,529151	0,894105	0,0554038	0,0763	0,69763	0

Таблица 2

**Параметры главных компонент фенотипической изменчивости у овец северокавказской мясо-шерстной породы**

Описание компоненты	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5	ГК 6	Итого
Значения собственных векторов (дисперсия по осям)	4.2403	2.6020	1.9743	1.3994	1.0744	0.9360	-
Доля объясненной дисперсии от общей суммы (в %)	28,2689	17.3469	13.1620	9.3296	7.1627	6.2399	81,51

мировании второй компоненты наибольший вклад вносит промер обхват предплечья, также высокие показатели для ширины спины, толщины и ширина мышечного глаза (табл.3).

Доля объясненной дисперсии во второй компоненте составляет более половины от первой. В наибольшей степени её формировали толщина и ширина мышечного глазка. Вторая главная компонента (ГК 2) составляет более половины от показателя первой. Также в формирование второй компоненты наибольший вклад вносит промер обхват предплечья, также высокие показатели для ширины спины, толщины и ширина мышечного глаза (табл.3).

Менее половины от доли первой компоненты объясняет третья ГК. Наибольшее влияние на её формирование оказывает обхват плеча и параметры высоты: высота в холке и крестце.

Четвертая компонента составляет треть от показателей первой ГК. Наибольшую долю в её

формировании имеют «параметры ширины»: ширина спины и груди. Также высокое влияние оказывает «обхват предплечья».

Пятая главная компонента (ГК 5) составляет четвертую часть от ГК 1. Наибольшую роль в формирование внес показатель толщина бедренной мышцы. Шестая компонента (ГК 6) образовалась за счет влияния живой массы при рождении и толщины жира определяемой с помощью УЗИ.

При оценке общей доли дисперсии (общности) определили, что наибольшую значимость в формирование изменчивости играли та-

Таблица 3

**Вклад отдельных показателей фенотипа овец породы российский мясной меринос в общее значение пяти главных компонент**

Наименование параметра	Координаты параметров						Общность
	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5	ГК 6	
Живая масса баранчиков при рождении, кг	0,181834	0,327261	-0,086253	-0,16418	-0,04309	0,511495	0,438043
Живая масса баранов-годовиков, кг	0,388977	-0,20432	-0,099911	-0,15682	0,161341	-0,09213	0,262142
Среднесуточный прирост баранов-годовиков, кг	0,377538	-0,23472	-0,096003	-0,13998	0,162858	-0,13987	0,272522
Высота в холке, см	0,302248	-0,04388	0,4452986	-0,18358	-0,15767	-0,2512	0,413233
Высота в крестце, см	0,2859	0,006644	0,4830352	-0,14862	-0,12967	-0,24775	0,415387
Ширина спины, см	0,334002	0,109173	-0,2265975	0,441146	-0,15412	0,008312	0,393255
Ширина груди, см	0,349905	0,11931	-0,191542	0,427058	-0,11898	-0,03405	0,371051
Глубина груди, см	0,391477	0,019539	-0,05646	0,077499	0,186212	0,174243	0,227865
Обхват плеча, см	-0,05541	0,1615	0,5285508	0,218578	0,07768	0,230845	0,415618
Обхват предплечья, см	-0,02838	0,271636	0,3551196	0,408201	0,370848	0,053242	0,507693
Обхват бедра, см	0,259029	-0,18224	0,1093364	0,149096	0,025351	0,158184	0,160157
Толщина мышечного глазка, мм	0,041761	0,542308	-0,066082	-0,12653	-0,08257	-0,25421	0,387661
Ширина мышечного глазка, мм	0,043581	0,510406	-0,142632	-0,06485	-0,04831	-0,43221	0,476106
Толщина жира, мм	0,162933	0,183686	0,0623265	-0,33855	-0,44393	0,458932	0,586477
Толщина бедренной мышцы, мм	0,107694	0,214768	-0,067075	-0,3444	0,69347	0,105139	0,672791

кие параметры, как толщина бедренной мышцы и толщина жира, а наименьшую – обхват бедра (табл.3). Остальные значения в пространстве первых шести главных компонент, кроме параметра «обхват предплечья», имели дисперсию ниже 0,5.

### Обсуждение

В результате анализа главных компонент были выявлены параметры, характеризующие мясную продуктивность овец породы северокавказская мясо-шерстная и определяющие вариабельность отдельных признаков. Эти данные имеют важное значение в практической селекции и в геномных исследованиях для выявления ассоциативных связей фенотипа с геномом [4]. Установлено, что первые шесть компонент формируют более 80 % фенотипической изменчивости у овец породы северокавказская мясо-шерстная.

Первая компонента объясняет практически треть всей дисперсии. В её формировании значимыми оказались характеристики роста: живой вес баранов-годовиков, среднесуточный прирост и параметры груди: глубина и ширина. Известно, что вес тела и параметры, отражающие скорость роста, наиболее связаны с мясной продуктивностью у овец [11]. Живой вес баранчиков и среднесуточный прирост в этом исследовании имели высокую значимость при расчете факторной нагрузки первой компоненты с высокой степенью адекватности, на что указывает коэффициент корреляции (выше 0,9). Кроме того, «параметры груди» значительно нагружали первую компоненту. По данным Омара А.А. (2021) и Колосова Ю.А. (2020) овцы северокавказской мясо-шерстной отличаются высокими грудными индексами и положительными корреляциями между параметрами груди и массой животных [1, 11].

Вторая главная компонента охарактеризована как «параметры мышечного глазка». Ширина мышечного глазка вносит высокий вклад в общую долю дисперсии в пределах шести главных компонент. Известно, что овцы северокавказской мясо-шерстной породы и их потомки имеют более высокие показатели «мраморности» мяса по сравнению с остальными овцами, однако эти показатели получены после убоя животных, что негативно отражается на скорости селекции [1]. Данные микроструктурного строения мышц, полученные с помощью УЗИ, высоко коррелируют с посмертными значениями, поэтому допустимы для оценки и прогноза мясной

продуктивности овец [12].

Обхват плеча и параметры «высоты тела»: высота в холке и в крестце в наибольшей степени нагружали третью компоненту. Эти показатели в целом отражают интенсивность развития скелета и описывают особенности телосложения [13]. Все три показателя в нашем исследовании вносили равнозначную долю в общую дисперсию. Обхват плеча достоверно коррелировал только с обхватом предплечья. Овцы породы северокавказской мясо-шерстной породы и их помеси имеют хорошо развитые передние и задние конечности [14], что формирует их мясные качества. Несмотря на то, что обхват плеча определяется крайне редко у овец прижизненно, его определяют после убоя в обязательном порядке [7]. Высота в холке и в крестце имели высокую степень адекватности (более 0,8) в нашем исследовании. С.Ј. Posbergh и Н.Ј. Huson (2021) также отметили высокий вклад параметров «высоты» при описании телосложения популяции овец с коэффициентами 0,9 для высоты в холке и крестце [15].

Четвертая компонента охарактеризована как «параметры ширины тела» овец. Ширина спины и груди имеют высокую степень корреляции (около 0,9). Kominakis A, et al (2017) при поиске главных компонент также выявили высокий вклад ширины груди в общую дисперсию и первую главную компоненту [3]. По данным А.А. Омара (2021), параметр ширины спины положительно коррелирует с массой тела овец северокавказской мясо-шерстной породы с коэффициентом 0,4, что совпадает с результатами наших исследований [1]. Колосов Ю.А. (2020) также сообщает, что потомство от баранов северокавказской мясо-шерстной породы превосходит своих сверстников, получаемых от помесей с другими породами по параметрам ширины тела, что говорит о более объемных полостях для внутренних органов и интенсивных обменных процессах, присущих овцам мясного направления [11]. Обхват предплечья вносил вклад в формирование четвертой компоненты и имел высокий коэффициент при определении общности. Наши исследования совпадают с данными Posbergh С. Ј., Huson Н. Ј. (2021), которые также выявили значимость этого параметра в формировании первых двух главных компонент и оценке овец на мясность [15].

Показатель толщина бедренной мышцы, определяемый с помощью УЗИ, оказал значительное влияние на формирование пятой главной компоненты и внес наивысший вклад в об-

щую дисперсию. Несмотря на то, что этот показатель не используют в рутинной оценке роста и телосложения, полученные результаты отражают необходимость введения его в практику. По данным E. Laville (2004), характеристики бедра отражают мясные качества овец и имеют связь с геномом [16]. Navajas E.A. et al (2007) и Shirzeyli F. H., Lavvaf A., Asadi A. (2013) продемонстрировали экономическую важность параметра, связанную с тем, что увеличение объемов бедра у животных не несет отрицательных эффектов на состав туш и соотношение «мышечная масса/кость».

Живая масса при рождении и толщина жира, определяемая с помощью УЗИ в районе 12-13 грудного позвонка, максимально нагружали шестую главную компоненту. Кроме того, толщина жира имела большое значение при формировании общей дисперсии. По мнению Ghasemi, M., Zamani, P., Vatankhah, M., & Abdoli, R. (2019), вес при рождении является важным признаком для овец мясного типа, оказывающий важное влияние на рост и выживаемость. Также авторы установили, что область на хромосоме 1 овцы имеет значительную связь с массой тела при рождении. Результаты этого исследования уже используются в маркер-ориентированной селекции и генетических программах улучшения продуктивности овец мясного направления. Толщина жира, определяемая с помощью УЗИ, используется селекционерами в мировой практике не один десяток лет, в том числе как предиктор мясной продуктивности [5, 17, 18]. Также этот параметр важен при выявлении генов-кандидатов, связанных с мясной продуктивностью [19]. Однако на овцах отечественных пород эти исследования ранее не проводились, в связи с чем внедрение в практику неинвазивных методов оценки фенотипа является актуальным решением.

При определении фенотипической изменчивости наименьший вклад в общую дисперсию внесли: живая масса баранов-годовиков, среднесуточный прирост, глубина груди и обхват плеча. Однако, эти параметры вносят значительный вклад при определении факторов, формирующих главные компоненты, поэтому нельзя сказать, что не важны при определении фенотипической изменчивости. Вероятнее всего, эти признаки закрепились в породе, потому что имеют низкую вариабельность. Анализ главных компонент позволяет выявить признаки с большей степенью изменчивости, которые могут быть улучшены в программах селекции и раз-

ведения. Также уменьшается количество переменных, что дает краткую объективную картину фенотипа овец (размер и форма тела). Известно, что главные компоненты также могут быть использованы для прогнозирования массы тела овец, сокращения времени и стоимости проведения замеров [18, 20]. Особую значимость главные компоненты имеют в геномных исследованиях. В частности, при полногеномном поиске ассоциаций с генами, формирующими мясную продуктивность.

Большинство показателей экстерьера и отдельных мышечных групп, определяемых с помощью УЗИ, не имели достоверных корреляционных связей. Однако те, что имели высокую взаимосвязь (живая масса баранов-годовиков и среднесуточный прирост, высота в холке и крестце, ширина спины и груди, толщина и ширина мышечного глазка), отражали закономерность отбора и особенности телосложения овец северокавказской мясо-шерстной породы [11].

Таким образом, полученные с помощью УЗИ данные и новые промеры экстерьера представляют большое значение в геномной оценке и дальнейшей селекционно-племенной работе. Эти показатели целесообразно использовать в полногеномном поиске ассоциаций для выявления генов, формирующих фенотип овец мясных овец.

### **Заключение**

Для фенотипической оценки экстерьера овец породы северокавказская мясо-шерстная предложено использовать следующие параметры прижизненной оценки мясной продуктивности: толщина бедренной мышцы и толщина жира, обхват предплечья. Эти параметры показали свою эффективность по сравнению с используемыми в существующей практике бонитировки при оценке овец на мясность.

Нами были выявлены признаки, которые вносят наименьший вклад в формирование фенотипической изменчивости. Это живая масса баранов-годовиков, среднесуточный прирост, глубина груди и обхват плеча. Они являются недостаточно информативными при оценке экстерьера овец породы северокавказская мясо-шерстная на мясность. Эти показатели целесообразно использовать в полногеномном поиске ассоциаций для выявления генов формирующих фенотип овец мясных овец.

### **Библиографический список**

1. Омаров, А. А. Продуктивные показатели овец северокавказской мясо-шерстной породы

и их взаимосвязь с основными селекционируемыми признаками / А. А. Омаров, С. И. Гайдашов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (196). – С. 66-72.

2. Омаров, А. А. Мясная продуктивность, химический состав мышечной ткани молодняка создаваемого типа скороспелых овец в возрастном аспекте / А. А. Омаров, Л. Н. Скорых, Д. В. Коваленко // Сельскохозяйственный журнал. – 2016. – Т. 2, № 9.

3. Combined GWAS and 'guilt by association'-based prioritization analysis identifies functional candidate genes for body size in sheep / A. Kominakis [et al.] // Genetics Selection Evolution. – 2017. – Т. 49, № 1. – P. 1-16.

4. Evaluating the effects of the c.\* 1232G> A mutation and TM-QTL in Texel× Welsh Mountain lambs using ultrasound and video image analyses / A. Y. Masri [et al.] // Small Ruminant Research. – 2011. – Т. 99, № 2-3. – P. 99-109.

5. Evaluation of ultrasound scanning to predict carcass composition of Austrian meat sheep / L. Grill [et al.] // Small Ruminant Research. – 2015. – Т. 123, № 2-3. – P. 260-268.

6. Combined GWAS and 'guilt by association'-based prioritization analysis identifies functional candidate genes for body size in sheep / A. Kominakis [et al.] // Genetics Selection Evolution. – 2017. – Т. 49, № 1. – P. 1-16.

7. Методика оценки мясной продуктивности овец / В. В. Абонеев, Ю. Д. Квитко, И. И. Селькин, А. И. Суров. - Ставрополь : СНИИЖК, 2009. – 34 с.

8. Методические рекомендации по раннему прогнозированию, отбору и выращиванию высокопродуктивных баранов-производителей тонкорунных и полутонкорунных пород / составители В. А. Мороз [и др.] ; Российская академия сельскохозяйственных наук ; Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2001. – 29 с.

9. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочное пособие / А. П. Калашников, В. И. Фисинин, В. В. Щеглов, Н. И. Клейменов. - 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Знание, 2003. – 456 с. – ISBN 5-94587-093-5.

10. Наглядная статистика. Используем R! / А. Б. Шипунов [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 296 с. – ISBN 978-5-94074-828-1.

11. Использование потенциала интенсивных пород овец для увеличения производства продукции овцеводства : монография / Ю. А. Ко-

лосов, А. С. Дегтярь, В. В. Абонеев, В. В. Марченко ; под общей редакцией Ю. А. Колосова. – Персиановский : Донской ГАУ, 2020. – 234 с. – ISBN 978-5-98252-371-6.

12. Greenwood, P. L. Prediction of dressing percentage, carcass characteristics and meat yield of goats, and implications for live assessment and carcass-grading systems / P. L. Greenwood // Animal Production Science. – 2020. – Т. 61, № 3. – P. 313-325.

13. Талалаев, С. А. Влияние лазерной акупунктуры на рост, развитие и мясную продуктивность молодняка овец северокавказской мясошерстной породы : спец. 06.02.04 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Талалаев Сергей Алексеевич ; Ставропольский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства. - Ставрополь, 2008. – 31 с.

14. Повышение мясной продуктивности овец при скрещивании маток с баранами породы тексель / Е. А. Карасев [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2003. – № 1.

15. Posbergh, C. J. All sheeps and sizes: a genetic investigation of mature body size across sheep breeds reveals a polygenic nature / C. J. Posbergh, H. J. Huson // Animal Genetics. – 2021. – Т. 52, № 1. – P. 99-107.

16. Effects of a quantitative trait locus for muscle hypertrophy from Belgian Texel sheep on carcass conformation and muscularity / E. Laville [et al.] // Journal of animal science. – 2004. – Т. 82, № 11. – P. 3128-3137.

17. Accuracy of in vivo muscularity indices measured by computed tomography and their association with carcass quality in lambs / E. A. Navajas [et al.] // Meat Science. – 2007. – Т. 75, № 3. – P. 533-542.

18. Morphological structure of Zulu sheep based on principal component analysis of body measurements / B. S. Mavule [et al.] // Small Ruminant Research. – 2013. – Т. 111, № 1-3. – P. 23-30.

19. Novel genetic polymorphisms associated with carcass traits in grazing Texel sheep / E. Armstrong [et al.] // Meat science. – 2018. – Т. 145. – P. 202-208.

20. Principal component analysis for evaluating a ranking method used in the performance testing in sheep of Morada Nova breed / M. S. da Silva [et al.] // Semina: Ciências Agrárias. – 2015. – Т. 36, № 6. – P. 3909-3921.

# EVALUATION OF PHENOTYPIC PARAMETERS OF SHEEP OF THE NORTH CAUCASIAN MEAT AND WOOL BREED BY THE ANALYSIS OF THE MAIN COMPONENTS

Krivoruchko A. Yu.<sup>1</sup>, Kanibolotskaya A. A.<sup>1</sup>, Katkov K. A.<sup>1</sup>

Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center", Stavropol, Russia; 356241, Stavropol Territory, Shpakovsky district, Mikhailovsk, Nikonova st., 49; +7 (86553) 2-32-98; E-mail: info@fnac.center

**Keywords:** phenotype, variability, factor analysis, sheep, meat, productivity, selection, rearing, body measurements, evaluation, ultrasonography

The key to successful selection and breeding work and genetic assessment accuracy of sheep is thorough accumulation of information about their phenotype. Most of the parameters evaluated in breeding animals are fixed in the breed. However, they do not fully reflect sheep meat qualities, therefore, it is not always possible to use them in genomic breeding programs. The aim of the work is to search for new informative phenotype parameters associated with meat productivity of sheep of the North Caucasian meat and wool breed for further usage in genomic breeding programs. The possibility of determining the following parameters was studied using an ultrasound scanner: the girth of the shoulder, forearm and thigh with a measuring tape, as well as the thickness and width of the loin eye (TLE and WLE), the thickness of the femoral muscle (TFM) and fat in the lumbar part (TF). One-shear tups (n=50) of the North Caucasian meat and wool breed were the object of the study. The significance of new phenotype parameters was assessed by the main component method. In the course of the work, highly reliable relationships ( $r > 0.8$ ;  $p < 0.01$ ) were established between the live weight of one-year-old tups and average daily gain, withers height and rump, back and chest width, thickness and width of loin eye. The results of main component analysis showed that more than 80% of phenotypic variability is determined by the first six components. The most significant parameter in assessing the total variance was TFM measurement - 0.67, and the least significance was shown by the thigh girth of 0.16. Thus, the parameters of TFM and TF determined by ultrasound can be used for phenotypic assessment of sheep of the North Caucasian meat and wool breed, in particular, when searching for genomic associations with productive qualities.

## Bibliography:

1. Omarov, A. A. Productive parameters of sheep of the North Caucasian meat-wool breed and their relationship with the main breeding traits / A. A. Omarov, S. I. Gaidashov // Vestnik of the Altai State Agrarian University. - 2021. - № 2 (196). - P. 66-72.
2. Omarov, A. A. Meat productivity, chemical composition of muscle tissue of young animals of the developed type of early maturing sheep in the age aspect / A. A. Omarov, L. N. Skorykh, D. V. Kovalenko // Agricultural Journal. - 2016. - Vol. 2, № 9.
3. Combined GWAS and 'guilt by association'-based prioritization analysis identifies functional candidate genes for body size in sheep / A. Kominakis [et al.] // Genetics Selection Evolution. - 2017. - V. 49, № 1. - P. 1-16.
4. Evaluating the effects of the c.\*1232G>A mutation and TM-QTL in Texelx Welsh Mountain lambs using ultrasound and video image analyses / A. Y. Masri [et al.] // Small Ruminant Research. - 2011. - V. 99, № 2-3. - P. 99-109.
5. Evaluation of ultrasound scanning to predict carcass composition of Austrian meat sheep / L. Grill [et al.] // Small Ruminant Research. - 2015. - V. 123, № 2-3. - P. 260-268.
6. Combined GWAS and 'guilt by association'-based prioritization analysis identifies functional candidate genes for body size in sheep / A. Kominakis [et al.] // Genetics Selection Evolution. - 2017. - V. 49, № 1. - P. 1-16.
7. Methods for assessing sheep meat productivity / V. V. Aboneev, Yu. D. Kvitko, I. I. Selkin, A. I. Surov - Stavropol: Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, 2009. - 34 p.
8. Methodological recommendations for early forecasting, selection and rearing of highly productive stud rams of fine-wool and semi-fine-wool breeds / compiled by V. A. Moroz [and others]; Russian Academy of Agricultural Sciences; All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding. - Stavropol, 2001. - 29 p.
9. Feeding norms and rations for farm animals: a reference book / A. P. Kalashnikov, V. I. Fisinin, V. V. Shcheglov, N. I. Kleimenov. - 3rd ed., revised. and add. - Moscow: Znanie, 2003. - 456 p. - ISBN 5-94587-093-5.
10. Visual statistics. Let's use R! / A. B. Shipunov [and others]. - Moscow: DMK Press, 2012. - 296 p. - ISBN 978-5-94074-828-1.
11. Using the potential of intensive sheep breeds to increase sheep breeding production: monograph / Yu. A. Kolosov, A. S. Degtyar, V. V. Aboneev, V. V. Marchenko; under the general editorship of Yu. A. Kolosov. - Persianovskiy: Don State Agrarian University, 2020. - 234 p. - ISBN 978-5-98252-371-6.
12. Greenwood, P. L. Prediction of dressing percentage, carcass characteristics and meat yield of goats, and implications for live assessment and carcass-grading systems / P. L. Greenwood // Animal Production Science. - 2020. - V. 61, № 3. - P. 313-325.
13. Talalae, S. A. Effect of laser acupuncture on growth, development and meat productivity of young sheep of the North Caucasian meat-wool breed: spec. 06.02.04 : abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Talalae Sergey Alekseevich ; Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production. - Stavropol, 2008. - 31 p.
14. Increase of sheep meat productivity when crossing queens with rams of Texel breed / E. A. Karasev [et al.] // News of Timiryazev Agricultural Academy. - 2003. - № 1.
15. Posbergh, C. J. All sheeps and sizes: a genetic investigation of mature body size across sheep breeds reveals a polygenic nature / C. J. Posbergh, H. J. Huson // Animal Genetics. - 2021. - V. 52, № 1. - P. 99-107.
16. Effects of a quantitative trait locus for muscle hypertrophy from Belgian Texel sheep on carcass conformation and muscularity / E. Laville [et al.] // Journal of animal science. - 2004. - V. 82, № 11. - P. 3128-3137.
17. Accuracy of in vivo muscularity indices measured by computed tomography and their association with carcass quality in lambs / E. A. Navajas [et al.] // Meat Science. - 2007. - V. 75, № 3. - P. 533-542.
18. Morphological structure of Zulu sheep based on principal component analysis of body measurements / B. S. Mavule [et al.] // Small Ruminant Research. - 2013. - V. 111, № 1-3. - P. 23-30.
19. Novel genetic polymorphisms associated with carcass traits in grazing Texel sheep / E. Armstrong [et al.] // Meat science. - 2018. - V. 145. - P. 202-208.
20. Principal component analysis for evaluating a ranking method used in the performance testing in sheep of Morada Nova breed / M. S. da Silva [et al.] // Semina: Ciências Agrárias. - 2015. - V. 36, № 6. - P. 3909-3921.