

Новые параметры прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос

А. Ю. Криворучко¹, О. А. Яцык¹, А. А. Каниболоцкая¹✉

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, Ставрополь, Россия

✉ E-mail: dorohin.2012@inbox.ru

Аннотация. Для селекционной работы с целью повышения показателей продуктивности у овец, необходимо использовать наиболее информативные параметры экстерьера. Это диктует потребность в разработке новых подходов в оценке фенотипических параметров. **Цель** – определение новых промеров для прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос и исследование их значимости с использованием метода главных компонент. **Научная новизна.** Нами предложено несколько новых промеров для прижизненной оценки параметров мясной продуктивности и изучена возможность их использования у овец породы джалгинский меринос. **Методы.** Изучена возможность для прижизненного определения величины отдельных мышечных групп с использованием таких параметров, как обхват плеча, предплечья и бедра инструментальными методами, а также измерение параметров мышечного глазка, толщины бедренной мышцы и жира с помощью УЗИ. Для оценки значимости предлагаемых промеров по сравнению с применяемыми в существующей практике нами были применены метод главных компонент и корреляционный анализ. **Результаты.** Установлены пять главных компонент, которые определяют 70,3 % всей фенотипической изменчивости у овец породы джалгинский меринос. Они характеризуют размер передних конечностей, величину груди, параметры мышечного глазка, размер задних конечностей и толщину жира в поясничной области. Предложенные нами параметры обхвата плеча, предплечья и бедра показали высокую значимость при расчете компонент. Толщина бедренной мышцы оказалась мало значимым показателем. Также было выявлено, что большинство из используемых промеров достоверно не коррелируют между собой. Высокие положительные достоверные корреляции были обнаружены только между живой массой и среднесуточными привесами, толщиной и шириной мышечного глазка, обхватом плеча и высотой в крестце. Таким образом, нами было установлено, что для фенотипической оценки у овец породы джалгинский меринос в качестве дополнительных промеров целесообразно использовать обхват плеча, предплечья и бедра.

Ключевые слова: фенотипическая изменчивость, факторный анализ, овцы, мясная продуктивность, селекция и разведение животных, промеры тела, оценка, ультрасонография.

Для цитирования: Криворучко А. Ю., Яцык О. А., Каниболоцкая А. А. Новые параметры прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос // Аграрный вестник Урала. 2021. № 04 (207). С. 74–84. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-74-84.

Дата поступления статьи: 20.12.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Длительное чистопородное разведение приводит к гено- и фенотипической однородности признаков животных, что становится причиной снижения изменчивости продуктивных качеств и качества селекционной работы. Это требует введения в практику новых параметров экстерьера, более точно характеризующих ценность породы и определяющих ее фенотипическую изменчивость в условиях высокой фенотипической однородности. Особенно это важно на современном этапе развития российского овцеводства, когда одной из главных задач для селекционеров стало улучшение мясной продуктивности отечественных пород [1, с. 13], [2, с. 121], [3, с. 1250].

В зарубежной овцеводческой практике для селекционного отбора используются преимущественно параметры прижизненной оценки мясной продуктивности, включающие определение объемов передних и задних конеч-

ностей инструментальными методами, а также изучение других мышечных тканей (толщина и ширина мышечного глазка, толщина жира в поясничной области) с помощью ультразвуковых сканеров. Эти методы показали высокий уровень точности оценки экстерьера, более полно характеризующий фенотипическую дисперсию разводимых пород и корреляцию с некоторыми уже используемыми параметрами мясной продуктивности [4, с. 1811], [5, с. 6], [6, с. 375], [7, с. 521-522], [8, с. 3582, 3583].

Разводимые в России породы, к которым относится джалгинский меринос, оцениваются по достаточно ограниченному количеству промеров, характеризующих прижизненные параметры мясной продуктивности. При этом многие из данных промеров утратили свою информативность в связи с селекционной работой, направленной на получение поголовья с однородными фенотипическими показателями. Это диктует необходимость введения в

практику отечественного овцеводства новых методов и критериев оценки животных, соответствующих международным стандартам и имеющих большую вариабельность [9, с. 15–16]

Каждый экстерьерный показатель вносит вклад в описание фенотипа, что достоверно можно представить с помощью математических методов. Для этого используется снижение размерности данных методом главных компонент (ГК/РС), так как для оценки фенотипа может быть использовано несколько десятков параметров. Первые главные компоненты (от двух до шести) не коррелируют друг с другом, объясняя фенотипическую дисперсию и выделяя наиболее ценные параметры, характеризующие продуктивную ценность породы (на 50–70 %). При этом становится возможным определить, какие признаки вносят наибольший вклад в формирование вектора компоненты, то есть являются значимыми при оценке экстерьера. Также с помощью этого метода можно выявить, какие из параметров не несут полезной информации при описании фенотипа [10, с. 332], [11, с. 26–27], [12, с. 126].

Таким образом, целью нашей работы стала разработка новых промеров для прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос и исследование их значимости с использованием метода главных компонент.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проводили в СПК «Племзавод Вторая Пятилетка» Ипатовского района Ставропольского края. Объектом исследования служили бараны ($n = 50$) породы джалгинский меринос (ДжМ) в возрасте одного года. Животные были клинически здоровы, содержались в оптимальных условиях, отвечающих зоотехническим нормам и зоогигиеническим требованиям. Рационы кормления овец составлялись по детализированным нормам с учетом пола и возраста [13, с. 203], [208].

Оценку мясной продуктивности проводили в соответствии с сертифицированными методиками, применяемыми при бонитировке [14, с. 1–49], [15, с. 1–29], [16, с. 1–58]. В качестве прижизненных параметров оценки роста и особенностей экстерьера использовались живая масса при рождении и в годовалом возрасте, среднесуточный прирост, высота в холке, высота в крестце, ширина спины и груди, глубина груди. Измерения проводились с помощью рулетки бонитировщика, измерительной ленты и тазомера. Предложенные нами параметры определялись по следующей методике. Обхват предплечья измеряли в области наибольшей толщины мышц предплечья. Обхват плеча определялся измерительной лентой в области границы между средней и нижней третями плечевой кости. Обхват бедра определяли также на границе между нижней и средней третями бедренной кости.

С помощью переносного аппарата УЗИ определяли толщину (ТМГ/МЕТ) и ширину мышечного глазка (ШМГ/МЕУ), толщину жира в поясничной области (ТЖ/ФТ). Толщину бедренной мышцы (ТБМ/ТМТ) определяли после выстригания шерсти на границе между нижней и средней третями латеральной поверхности бедра в проекции бедренной кости.

Статистическую обработку данных с подсчетом корреляций по методу Пирсона выполняли в программе Microsoft Excel 2016 (Microsoft, США). Достоверными считали значения при $P < 0,05$. Анализ главных компонент (principal component analysis, PCA) проводили с помощью надстройки ExStatR для Microsoft Excel 2016 (Microsoft, США). Визуализацию результатов анализа методом главных компонент выполняли с использованием плагина для языка R [11], [28].

Результаты (Results)

Не связанные друг с другом параметры экстерьера в совокупности дают наибольшую информацию о параметрах продуктивности, поэтому нами было проведено исследование корреляции между исследуемыми признаками. Оно показало, что наиболее высокая положительная связь имеется между живой массой и среднесуточным приростом (таблица 1). Несколько меньшая, но положительная связь выявлена между толщиной и шириной мышечного глазка. Умеренные достоверные прямые корреляционные связи обнаружены между высотой в крестце и холке с предложенными нами промерами: обхватом плеча, шириной спины и шириной груди, высотой в холке и глубиной груди, глубиной груди и обхватом предплечья, шириной груди и обхватом бедра. Отрицательная умеренная корреляция отмечена между высотой в холке и шириной спины, высотой в крестце и шириной груди, шириной спины и обхватом плеча/предплечья, высотой в крестце и обхватом бедра. Слабая, но тем не менее достоверная положительная связь выявлена между среднесуточным приростом и величиной живой массы с высотой в крестце. Обхват плеча и бедра, глубина груди, высота в крестце и холке также слабо коррелировали с обхватом предплечья. С подобными же показателями обхват плеча коррелировал с толщиной жира. Слабая отрицательная корреляция обнаружена нами между шириной спины и глубиной груди с высотой в крестце, шириной спины и обхватом плеча, обхватом плеча и обхватом бедра, глубиной груди и толщиной мышечного глазка. Остальные показатели, которые составляют большую часть из исследованных, достоверно между собой не коррелировали.

Для оценки значимости исследованных признаков при описании фенотипа животных нами был применен метод анализа главных компонент. Он показал, что общая фенотипическая изменчивость у овец породы джалгинский меринос описывается пятью главными компонентами, которые объясняют 70,3 % дисперсии признаков среди животных (рис. 1, таблица 2).

Первая главная компонента (ГК 1) описывает наибольший процент фенотипической изменчивости у овец породы джалгинский меринос. Эта компонента в целом характеризует параметр, который можно описать как «передние конечности». Наибольшим вкладом в составе компоненты обладают обхваты плеча и предплечья. Меньшими показателями характеризуются высота в крестце и холке, обхват предплечья. Наименьшее влияние на параметры первой компоненты оказывает живая масса и среднесуточные приросты, а также толщина бедренной мышцы (таблица 3).

Таблица 1
Величина коэффициента корреляции (над диагональю) и показатель достоверности (под диагональю) для параметров прижизненной оценки мясной продуктивности у овец породы джалгинский меринос

	ЖМ при рождении, кг ¹	ЖМ в год, кг ²	Среднесуточный прирост, кг ³	Высота в холке, см ⁵	Высота в холке, см ⁶	Ширина спины, см	Ширина на груди, см	Глубина на груди, см	Обхват плеча, см	Обхват предплечья, см ⁴	Обхват бедра, см	УЗИ			
												ТМГ	ШМГ	ТЖ	ТБМ
ЖМ при рождении, кг ¹		-0,09	-0,17	0,23	-0,04	-0,14	-0,22	0,1	0,06	0,17	-0,05	-0,19	-0,09	0,11	0,22
ЖМ в год, кг ²	0,53254		0,98	-0,12	0,28	0,1	0	-0,16	0,03	0	-0,05	-0,13	-0,23	-0,02	0,02
Среднесуточный прирост, кг ³	0,24745	P < 0,01		-0,14	0,28	0,11	0,02	-0,16	0,02	-0,01	-0,04	-0,12	-0,22	-0,03	0
Высота в холке, см	0,10566	0,4038	0,3415		0,09	-0,47	0,02	0,41	0,5	0,31	0	-0,17	-0,12	0,19	0,07
Высота в крестце, см	0,76203	P < 0,05	P < 0,05	0,53436		-0,34	-0,5	-0,3	0,64	0,27	-0,43	0,14	-0,04	0,02	-0,09
Ширина спины, см	0,34025	0,4770	0,4366	P < 0,01	P < 0,01		0,47	-0,02	-0,41	-0,52	0	0,14	0,16	-0,21	0,05
Ширина груди, см	0,1307	0,9963	0,9119	P < 0,01	P < 0,01	P < 0,01		0,15	-0,13	-0,23	0,48	0,06	0,27	0,04	0,02
Глубина груди, см	0,47044	0,2715	0,2521	P < 0,01	P < 0,05	0,87463	0,29323		-0,03	0,39	0,08	-0,27	-0,23	-0,02	0,25
Обхват плеча, см	0,66612	0,8539	0,8815	P < 0,01	P < 0,01	P < 0,01	0,38417	0,85787		0,3	-0,29	0,02	-0,07	0,29	-0,07
Обхват предплечья, см ⁴	0,23353	0,9750	0,9519	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,01	0,10108	P < 0,01	P < 0,05	P < 0,01	0,33	-0,05	-0,07	0,02	0,11
Обхват бедра, см	0,7321	0,7364	0,7589	P < 0,01	P < 0,01	0,99097	P < 0,01	0,57883	P < 0,05	P < 0,01	0,06	0,06	0,17	-0,02	-0,06
УЗИ	0,19593	0,4247	0,23302	0,32174	0,31824	0,69204	P < 0,05	0,8738	0,7243	0,6807		0,77	-0,12	-0,24	-0,24
	0,5312	0,1317	0,4054	0,78257	0,27120	0,05969	0,11464	0,6138	0,6339	0,2369	P < 0,01		0,02	-0,19	-0,19
	0,4372	0,9078	0,19296	0,88761	0,14164	0,77426	0,87189	P < 0,05	0,8712	0,9123	0,396	0,874		-0,09	-0,09
0,12909	0,8871	0,64109	0,52410	0,72736	0,88655	0,07613	0,6426	0,4340	0,7031	0,098	0,186	0,526			

Примечание. ¹ живая масса при рождении; ² живая масса в годовалом возрасте; ³ среднесуточный прирост; ⁴ обхват предплечья; ⁵ высота в холке; ⁶ высота в крестце.

Table 1
The value of the correlation coefficient (above the diagonal) and the reliability indicator (below the diagonal) for the parameters of the lifetime assessment of meat productivity in sheep of the Dzhalginskiy Merino breed

	Live weight at birth, kg	Live weight per year, kg	Live weight gain, g	Height at the withers, cm	Height at the sacrum, cm	Back width, cm	Chest width, cm	Chest depth, cm	Shoulder girth, cm	Forearm girth, cm	Thigh girth, cm	Ultrasound			
												MET	MEW	FT	TMT
Live weight at birth, kg		-0.09	-0.17	0.23	-0.04	-0.14	-0.22	0.1	0.06	0.17	-0.05	-0.19	-0.09	0.11	0.22
Live weight per year, kg	0.53254		0.98	-0.12	0.28	0.1	0	-0.16	0.03	0	-0.05	-0.13	-0.23	-0.02	0.02
Average daily gain, g	0.24745	P < 0.01		-0.14	0.28	0.11	0.02	-0.16	0.02	-0.01	-0.04	-0.12	-0.22	-0.03	0
Height at the withers, cm	0.10566	0.4038	0.3415		0.09	-0.47	0.02	0.41	0.5	0.31	0	-0.17	-0.12	0.19	0.07
Height at the sacrum, cm	0.76203	P < 0.05	P < 0.05	0.53436		-0.34	-0.5	-0.3	0.64	0.27	-0.43	0.14	-0.04	0.02	-0.09
Back width, cm	0.34025	0.4770	0.4366	P < 0.01	P < 0.01		0.47	-0.02	-0.41	-0.52	0	0.14	0.16	-0.21	0.05
Chest width, cm	0.1307	0.9963	0.9119	0.87215	P < 0.01	P < 0.01		0.15	-0.13	-0.23	0.48	0.06	0.27	0.04	0.02
Chest depth, cm	0.47044	0.2715	0.2521	P < 0.01	P < 0.05	0.87463	0.29323		-0.03	0.39	0.08	-0.27	-0.23	-0.02	0.25
Shoulder girth, cm	0.66612	0.8539	0.8815	P < 0.01	P < 0.01	P < 0.01	0.38417	0.85787		0.3	-0.29	0.02	-0.07	0.29	-0.07
Forearm girth, cm	0.23353	0.9750	0.9519	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.01	0.10108	P < 0.01	P < 0.05		0.33	-0.05	-0.07	0.02	0.11
Thigh girth, cm	0.7321	0.7364	0.7589	0.98855	P < 0.01	0.99097	P < 0.01	0.57883	P < 0.05	P < 0.01		0.06	0.17	-0.02	-0.06
Ultrasound	0.19593	0.4247	0.23302	0.32174	0.31824	0.69204	P < 0.05	0.8738	0.7243	0.6807		0.77	-0.12	-0.24	-0.24
	0.5312	0.1317	0.4054	0.78257	0.27120	0.05969	0.11464	0.6138	0.6339	0.2369	P < 0.01		0.02	-0.19	-0.19
	0.4372	0.9078	0.19296	0.88761	0.14164	0.77426	0.87189	P < 0.05	0.8712	0.9123	0.396	0.874		-0.09	-0.09
0.12909	0.8871	0.9801	0.64109	0.52410	0.72736	0.88655	0.07613	0.6426	0.4340	0.7031	0.098	0.186	0.526		

Note. ¹ live weight at birth; ² live weight at one year of age; ³ average daily weight gain; ⁴ forearm girth; ⁵ height at the withers; ⁶ height at the sacrum

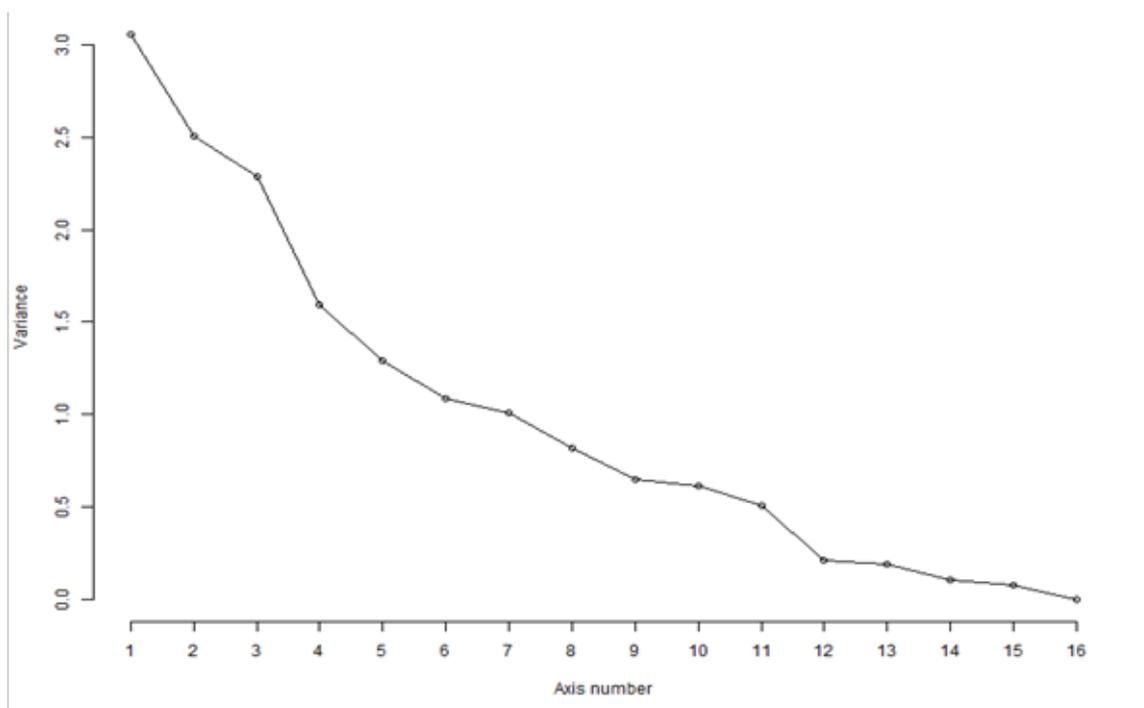


Рис. 1. Дисперсия по осям главных компонент параметров продуктивности у овец породы джалгинский меринос
 Fig. 1. Dispersion along the axes of the main components of productivity parameters in sheep of the Dzhalginskiy merino breed

Таблица 2

Параметры главных компонент (ГК) фенотипической изменчивости у овец породы джалгинский меринос

	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5
Описание компоненты	Передние конечности	Величина груди	Параметры мышечного глазка	Задние конечности	Толщина жира
Величина векторов компонент, ед.	3,06	2,49	2,18	1,60	1,24
Доля объясненной дисперсии, %	20,38	16,60	14,50	10,65	8,23

Table 2

Parameters of the principle components of phenotypic variability in sheep of the Dzhalginskiy merino breed

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Description of the component	Front limbs	Breast size	Muscular eye parameters	Hind limbs	Fat thickness
The magnitude of the vectors of the components, units	3,06	2,49	2,18	1,60	1,24
Share of variance explained, %	20,38	16,60	14,50	10,65	8,23

Вторая главная компонента (ГК 2) характеризует 16,6 % всей изменчивости внутри породы, что составляет 0,8 от показателя первой компоненты. Вторая компонента может быть определена как «величина груди». Животные имели наибольшую положительную нагрузку в таких показателях как высота в холке и глубина груди. Обхват бедра также имел достаточно большой вклад в формирование этой компоненты, почти такой же, как высота в холке. Минимальный вклад в состав второй компоненты внесли ультразвуковые параметры – толщина и ширина мышечного глазка, толщина бедренной мышцы, а также обхват плеча (таблица 3).

Третья главная компонента (ГК 3) определяет 14,5 % факторной нагрузки, что в 1,5 раза меньше нагрузки первой компоненты (таблица 2). Она интерпретируется как «параметры мышечного глазка». Наименьший вклад в формирование компоненты внесли живая масса при рождении, высота в холке, обхват бедра и предплечья.

Четвертая главная компонента (ГК 4) определяет 10,6 % фенотипической нагрузки, что составляет половину от значения первой компоненты. Однако в ее положительной составляющей присутствует достаточно большое количество параметров. Она интерпретирована нами как «задние конечности». Компонента в основном несет позитивные нагрузки для большинства показателей, одна-

Таблица 3
Вклад отдельных показателей фенотипа овец породы джалгинский меринос
в общее значение пяти главных компонент

Показатели	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5
Живая масса при рождении, кг	0,17776	0,194924	-0,07382	-0,18926	-0,05418
Живая масса баранов-годовиков, кг	0,068533	-0,4793	-0,30867	0,305109	-0,02002
Среднесуточный прирост баранов-годовиков, кг	0,054137	-0,48958	-0,29991	0,316683	-0,01564
Высота в холке, см	0,332777	0,275084	0,00487	0,213359	0,236739
Высота в крестце, см	0,356114	-0,3439	0,251941	0,008987	-0,1074
Ширина спины, см	-0,42235	-0,11419	-0,15053	-0,0919	0,120043
Ширина груди, см	-0,32855	0,14727	-0,12365	0,398067	0,345872
Глубина груди, см	0,103705	0,373167	-0,27759	0,121116	-0,06517
Обхват плеча, см	0,398413	-0,05677	0,232463	0,154058	0,291067
Обхват предплечья, см	0,321939	0,187907	0,00699	0,367079	-0,45019
Обхват бедра, см	-0,18804	0,23892	-0,08346	0,516653	-0,20275
Толщина мышечного глазка, мм	-0,19839	-0,08488	0,504194	0,176933	-0,20292
Ширина мышечного глазка, мм	-0,25319	0,038508	0,469061	0,22614	-0,06341
Толщина жира, мм	0,14474	0,061718	0,075289	0,132929	0,615949
Толщина бедренной мышцы, мм	0,063076	0,128639	-0,2998	-0,13454	-0,19355

Table 3
Contribution of individual phenotype indicators of Dzhalginskiy merino sheep
to the total value of the five principle components

indicators	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Live weight at birth, kg	0.17776	0.194924	-0.07382	-0.18926	-0.05418
Live weight per year, kg	0.068533	-0.4793	-0.30867	0.305109	-0.02002
Average daily gain, g	0.054137	-0.48958	-0.29991	0.316683	-0.01564
Height at the withers, cm	0.332777	0.275084	0.00487	0.213359	0.236739
Height at the sacrum, cm	0.356114	-0.3439	0.251941	0.008987	-0.1074
Back width, cm	-0.42235	-0.11419	-0.15053	-0.0919	0.120043
Chest width, cm	-0.32855	0.14727	-0.12365	0.398067	0.345872
Chest depth, cm	0.103705	0.373167	-0.27759	0.121116	-0.06517
Shoulder girth, cm	0.398413	-0.05677	0.232463	0.154058	0.291067
Forearm girth, cm	0.321939	0.187907	0.00699	0.367079	-0.45019
Thigh girth, cm	-0.18804	0.23892	-0.08346	0.516653	-0.20275
Muscular eye thickness, mm	-0.19839	-0.08488	0.504194	0.176933	-0.20292
Muscular eye width, mm	-0.25319	0.038508	0.469061	0.22614	-0.06341
Fat thickness, mm	0.14474	0.061718	0.075289	0.132929	0.615949
Femoral muscle thickness, mm	0.063076	0.128639	-0.2998	-0.13454	-0.19355

ко самыми высокими были значения для обхвата бедра. Положительный вклад отмечен для обхвата предплечья, а также ширины груди и среднесуточного прироста. Минимальный вклад в четвертую компоненту вносят высота в крестце и ширина груди, т. е. параметры размеров тела (таблица 3).

Пятая главная компонента (ГК 5) описывает 8,2 % фенотипической изменчивости, что составляет меньше половины от показателя первой компоненты. Она определена нами как «толщина жира», так как с большим отрывом наибольшее положительное влияние на ее формирование оказывает определяемый с помощью ультразвука параметр толщины жира в поясничной области. Высокие позитивные нагрузки отмечали для показателей ширины груди и обхвата плеча, а также высоты в холке. Наимень-

шее влияние на параметры пятой компоненты оказывают параметры живой массы как при рождении, так и в годовалом возрасте, а также величина среднесуточных привесов (рис. 1, таблица 3)

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Джалгинский меринос является перспективной породой для селекции с целью повышения ее мясной продуктивности. Животные крупные по размеру, крепкой конституции, выносливые. От овец этой породы получают не только шерсть высокого качества, но и мясо, что создает предпосылки для интенсивного отбора овец породы джалгинский меринос с более высоким мясным потенциалом, имеющим стойкую генетическую передачу [17, с. 34], [18, с. 3–4], [19, с. 58]. Отбор особей и оценку на мясность проводят по широкому ряду однородных признаков и ин-

дексов, среди которых прижизненная оценка представляет наибольшую значимость. Такой подход приводит к снижению фено- и генотипической изменчивости, усложняет отбор для последующей селекционной работы [2, с. 121], [20, с. 3].

Для прижизненной оценки мясной продуктивности нами было предложено определение величины отдельных мышечных групп у овец породы джалгинский меринос, таких как обхват плеча, предплечья и бедра, а также изменение толщины бедренной мышцы с помощью УЗИ. Для оценки значимости предлагаемых промеров по сравнению с применяемыми при оценке экстерьерных особенностей нами были применены метод главных компонент и корреляционный анализ. В результате проведенного исследования установлены пять главных компонент, которые определяют 70,3 % всей фенотипической изменчивости у овец породы джалгинский меринос. Они характеризуют размер передних конечностей, величину груди, параметры мышечного глазка, размер задних конечностей и толщину жира в поясничной области.

Первая главная компонента характеризует размер передних конечностей. При этом предложенные нами параметры – обхват плеча и предплечья – оказываются наиболее значимыми ее компонентами. В существующей практике передние конечности оценивают без инструментальных измерений, внешне определяя их постановку и формирование. Далее проводят послеубойную оценку передних конечностей, определяя массу и выход мякоти с плеча и предплечья [21, с. 10]. Как показывает зарубежная практика, прижизненная оценка таких параметров, как объем плеча и предплечья, является обязательной, более точно отражает связь с выходом мяса и локусами контролирующими мясную продуктивность у овец [4, с. 1810–1811]. Корреляционный анализ показал наличие умеренных достоверных прямых корреляционных связей параметров передних конечностей с показателями, характеризующими продуктивность овец породы джалгинский меринос. Выявлены положительные связи между обхватом плеча и предплечья с высотой в крестце и холке и отрицательные с шириной спины и груди.

Вторая главная компонента – величина груди. Положительные корреляции с этой компонентой наблюдались с высотой в холке и крестце, отрицательная связь с живой массой при рождении и у баранов в годовалом возрасте. Эти параметры используются при оценке экстерьера у овец шерстно-мясного направления, животные имеющие более высокие параметры груди и роста, относятся к высокому классу и отбираются для селекции [16, с. 1–58], [22, с. 62]. Важно, что предложенный нами параметр – обхват бедра – оказался значимым для формирования этой компоненты.

Параметры мышечного глазка были определены как третья главная компонента. Между шириной и глубиной мышечного глазка выявлена положительная высокая достоверная связь ($r^2 = 0,77$, $P < 0,01$). В зарубежной практике параметры мышечного глазка (глубина и ширина), определяемые прижизненно с помощью ультразвукового исследования, включены в наиболее ключевые индексы прижизненной оценки и прогнозирования мясной продук-

тивности овец мериносовых и мясных пород [8, с. 3582, 3583], [23, с. 1276–1277]. Это является предпосылкой для включения ультразвукового исследования мышечных волокон в отечественные программы для селекции по увеличению мясной продуктивности. Кроме этого, проведенное исследование показало, что с параметрами мышечного глазка очень слабо коррелируют другие показатели продуктивности.

Четвертая компонента характеризует задние конечности. Предложенный параметр обхвата бедра занимает ведущее место при формировании этой компоненты. Отдельно он прежде не рассматривался как параметр для прижизненного определения мясной продуктивности у овец, несмотря на высокую достоверную связь между свойствами бедренных мышц и мясной продуктивностью [24, с. 97], [25, с. 72, 73, 79], [26, с. 73–74]. Анализ корреляционных связей показал наличие достоверных положительных связей с параметрами, характеризующими мясную продуктивность: живая масса при рождении и у баранов в годовалом возрасте, ширина груди, обхват плеча и предплечья. Наиболее сильная связь образована между показателем живой массы при рождении и в год ($r^2 = 0,98$, $P < 0,01$), которые используются в отечественной овцеводческой практике при селекционном отборе на мясность [18, с. 4–5], [2, с. 125–126].

Толщина жира определена нами как пятая главная компонента. Толщину жира определяли на уровне между первым и вторым поясничными позвонками, именно в этой локации ультразвуковые измерения более точные и имеют высокий уровень корреляции с показателями в туше и наибольшую вариабельность [3, с. 1251]. Овцы породы джалгинский меринос отличаются равномерным распределением слоев подкожного и внутримышечного жира [27, с. 5–7], что еще раз подчеркивает важность определения этого параметра при оценке продуктивности.

Таким образом, предложенные нами параметры – обхваты плеча, предплечья и бедра – показали высокую значимость при расчете компонент. Выявленная закономерность указывает на необходимость их использования при бонитировке овец породы джалгинский меринос. Толщина бедренной мышцы оказалась малозначимым показателем и у овец данной породы измерять ее нет необходимости.

Минимальный вклад при определении фенотипической изменчивости внесли такие показатели, как живая масса при рождении и в возрасте 12 месяцев, среднесуточный прирост, высота в холке, высота в крестце, ширина спины и груди. Проведенный анализ главных компонент показал, что их оценка при селекционном отборе и геномных исследованиях имеет небольшое значение в определении мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос.

В зависимости от принятой стратегии увеличения мясной продуктивности можно использовать группы животных, обособленные на графике, выведенном по итогам анализа главных компонент, в пределах доминирующих векторов и коррелирующих признаков, для дальнейшего селективного отбора и геномного исследования [10, с. 333]. Выбранные на основании анализа главные компоненты использовать в качестве значимых и перспективных

селекционно-генетических параметров мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос. Использование при бонитировке новых параметров, определяющих фенотипическую изменчивость и играющих ключевую роль в формировании мясной продуктивности, будет способствовать интенсификации племенной работы и повышению точности оценки племенной ценности овец.

Для прижизненной оценки мясной продуктивности овец породы джалгинский меринос предложено использовать несколько новых промеров: обхват плеча и предплечья, обхват бедра и толщина бедренной мышцы, определяемые при ультразвуковом исследовании. При сравнительном анализе значимости предлагаемых промеров методом главных компонент установлено, что 70,3 % всей фенотипической изменчивости определяются пятью главными компонентами. У овец породы джалгинский меринос эти компоненты характеризуют размер передних конечностей, величину груди, параметры мышечного глазка, размер за-

дних конечностей и толщину жира в поясничной области. Предложенные нами обхват плеча, предплечья и бедра показали высокую значимость при расчете компонент. Толщина бедренной мышцы оказалась мало значимой при оценке параметров продуктивности у обследованных животных. Выявлены высокие положительные достоверные корреляции между живой массой и среднесуточным приростом у баранов-годовиков ($r = 0,98, P < 0,01$); толщиной и шириной мышечного глазка ($r = 0,77, P < 0,01$); обхватом плеча и высотой в крестце ($r = 0,64, P < 0,01$). Минимальный вклад при определении фенотипической изменчивости внесли такие показатели, как живая масса при рождении и в годовалом возрасте, среднесуточный прирост, высота в холке, высота в крестце, ширина спины и груди. Их оценка при селекционном отборе и геномных исследованиях играет наименьшее значение в определении мясной продуктивности овец джалгинский меринос.

Библиографический список

1. Шацкий А. Д., Кравцевич В. П. Овцеводство: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Зоотехния» / Под ред. доктора сельскохозяйственных наук А. Д. Шацкого. Минск, 2016. 227 с.
2. Чернобай Е. Н., Антоненко Т. И., Ефимова Н. И., Гузенко В. И. Фенотипические корреляции и наследуемость признаков чистопородным и помесным молодняком с разной кровностью по австралийскому мясному мериносу // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 6. С. 121–126.
3. Scholz A. M., Bünger L., Kongsro J., Baulain U., Mitchell A. D. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review // *Animal*. 2015. Vol. 9. Iss. 07. Pp. 1250–1264. DOI: 10.1017/s1751731115000336.
4. Béréanos C., Ellis P. A., Pilkington J. G., Hong Lee S., Gratten J., Pemberton J. M. Heterogeneity of genetic architecture of body size traits in a free-living population // *Molecular Ecology*. 2015. Vol. 24. Iss. 8. Pp. 1810–1830. DOI: 10.1111/mec.13146.
5. Schaeffer L. R., Szkotnicki W. J. Genetic evaluations of sheep in Canada [e-resource]. University of Guelph, Guelph, Canada, 2015. URL: <http://www.aps.uoguelph.ca/~lrs/ELARES/GE2015.pdf> (дата обращения: 23.09.2020).
6. Rovadoscki G. A., Pertile S. F. N., Alvarenga A. B., Cesar A. S. M., Pértile F., Petrini J., ... Mourão G. B. Estimates of genomic heritability and genome-wide association study for fatty acids profile in Santa Inês sheep // *BMC Genomics*. 2018. Vol. 19. Iss. 1. DOI: 10.1186/s12864-018-4777-8.
7. Massender E., Brito L. F., Cánovas A., Baes C. F., Kennedy D., Schenkel F. S. A genetic evaluation of growth, ultrasound, and carcass traits at alternative slaughter endpoints in crossbred heavy lambs // *Journal of Animal Science*. 2018. T. 97. № 2. Pp. 521–535. DOI: 10.1093/jas/sky455.
8. Mortimer S. I., Fogarty N. M., van der Werf J. H. J., Brown D. J., Swan A. A., Jacob R. H., ... Pethick D. W. Genetic correlations between meat quality traits and growth and carcass traits in Merino sheep // *Journal of Animal Science*. 2018. T. 96. No. 9. Pp. 3582–3598. DOI: 10.1093/jas/sky232.
9. Баганов С. Д., Баранова И. А., Старостина О. С. Инновационные методы оценки телосложения крупного рогатого скота // Н 34 Научные инновации в развитии отраслей АПК: материалы Международной научно-практической конференции 18–21 февраля 2020 года, г. Ижевск. В 3 т. Ижевск, 2020. Т. 2. С. 15–17.
10. Li Z., Safo S. E., Long Q. Incorporating biological information in sparse principal component analysis with application to genomic data // *BMC Bioinformatics*. 2017. Vol. 18. P. 332. DOI: 10.1186/s12859-017-1740-7.
11. Новаковский А. Б. Взаимодействие Excel и статистического пакета R для обработки данных в экологии // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 3 (197). С. 26–33. DOI: 10.31140/j.vestnikib.2016.3(197).4.
12. Крамаренко А., Кузьмичева Н., Крамаренко С. Анализ главных компонент ростовых признаков южной мясной породы скота // *Știința agricolă*. 2018. № 1. С. 126–131.
13. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. 3-е изд., перераб. и доп. Москва, 2003. 456 с.
14. Буйлов С. В., Винников Н. И., Хамицаев В. С. Методика оценки мясной продуктивности овец. Дубровицы: ВИЖ, 1978. 49 с.
15. Методические рекомендации по раннему прогнозированию, отбору и выращиванию высокопродуктивных баранов-производителей тонкорунных и полутонкорунных пород [Электронный ресурс] / Сост.: В. А. Мороз [и др.]. Ставрополь, 2001. 29 с.
16. Порядок и условия проведения бонитировки племенных овец тонкорунных пород, полутонкорунных пород и пород мясного направления продуктивности. Москва: Росинформагротех, 2013. 58 с.

17. Сердюков И. Г., Абонеев В. В., Павлов М. Б., Павлов А. М., Марченко В. В. Мясная продуктивность баранчиков породы джалгинский меринос с различной тониной шерсти // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 1. С. 34–36.
18. Ковылкова И. Ю. Продуктивность и некоторые биологические особенности овец грозненской породы и помесей, полученных от их скрещивания с баранами джалгинский меринос: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2018. 32 с.
19. Яцык О. А. Сравнительная оценка показателей мясной продуктивности мериносовых овец российских пород // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 3 (23). С. 58–60.
20. Агаркова Н. А. Продуктивность и биологические особенности овец породы джалгинский меринос при внутри- и межлинейном подборе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ставрополь, 2020. 22 с.
21. Абонеев В. В., Квитко Ю. Д., Селькин И. И. [и др.] Методика оценки мясной продуктивности овец. Ставрополь, 2009. 34 с.
22. Гаглоев А. Ч., Негреева А. Н., Гаглоева Т. Н., Завьялова В. Г. Особенности телосложения потомства овец от разных вариантов подбора родительских пар // Наука и образование. 2019. Т. 2. № 2. С. 62.
23. Bautista-Díaz E., Mezo-Solis J. A., Herrera-Camacho J., Cruz-Hernández A., Gomez-Vazquez A., Tedeschi L. O., ... Chau-Canul A. J. Prediction of Carcass Traits of Hair Sheep Lambs Using Body Measurements // Animals. 2020. Vol. 10. Iss. 8. Pp. 1276–1287. DOI: 10.3390/ani10081276.
24. Созинова И. В., Малофеев Ю. М. Морфологические особенности четырехглавой мышцы бедра у овец западно-сибирской мясной породы в постнатальном онтогенезе // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 12 (134). С. 97–101.
25. Хайитов А. Х., Джураева У. Ш. Морфофизиологические закономерности роста костной и мышечной тканей у овец // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. Т. 3. № 48. С. 72–80.
26. Куликова А. Я., Ульянов А. Н. Особенности развития мышц и костей скелета у овец разной породности // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2017. Т. 6. № 1. С. 73–78.
27. Мельников А. Г. Мясная продуктивность баранчиков разных генотипов и потребительские свойства молодой баранины в условиях Нижнего Поволжья: дис. ... канд. биол. наук. Волгоград: Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, 2018. 116 с.
28. Шипунов А. Б., Балдин Е. М., Волкова П. А. и др. Наглядная статистика. Используем R [Электронный ресурс]. URL: <https://cran.r-project.org/doc/contrib/Shipunov-rbook.pdf> (дата обращения: 24.08.2020).

Об авторах:

Александр Юрьевич Криворучко¹, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0130-3639, AuthorID 186213; +7 918 881-43-27, rcvm@yandex.ru

Олеся Андреевна Яцык¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2730-2482, AuthorID 783775; +7 918-757-14-58, malteze@mail.ru

Анастасия Александровна Каниболоцкая¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-3003-4175, AuthorID 77137657191170559, +7 961-456-99-25, dorohin.2012@inbox.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, Ставрополь, Россия

New parameters of lifetime assessment of meat productivity of Dzhalginskiy merino sheep

A. Yu. Krivoruchko¹, O. A. Yatsyk¹, A. A. Kanibolotskaya¹✉

¹ All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasian Agrarian Center, Stavropol, Russia

✉ E-mail: dorohin.2012@inbox.ru

Abstract. For breeding work in order to increase productivity indicators in sheep, it is necessary to use the most informative exterior parameters. This dictates the need to develop new approaches to assessing phenotypic parameters. **Purpose.** Development of new parameters for live assessment of meat productivity of sheep of the Dzhalginskiy merino breed and study of their significance using the method of principal components. **Scientific novelty.** We have proposed several new parameters for the lifetime assessment of the parameters of meat productivity and studied the possibility of their use in sheep of the Dzhalginskiy merino breed. **Methods.** The possibility was studied for life determination of the size of individual muscle groups using such parameters as the girth of the shoulder, forearm and thigh by instrumental methods, as well as measuring the parameters of the muscle eye, the thickness of the femoral muscle and fat using ultrasound. To assess the significance of the proposed parameters, in comparison with those used in existing practice, we applied the principal component method and correlation analysis. **Results.** Five main components have been established, which determine 70, 3% of the total phenotypic variability in sheep of the Dzhalginskiy merino breed. They characterize the size of the forelimbs, the size of the chest, the parameters of the

muscular eye, the size of the hind limbs and the thickness of fat in the lumbar region. The parameters of the shoulder, forearm and hip girth we proposed showed high significance in the calculation of the components. The thickness of the femoral muscle was found to be of little significance. It was also found that most of the measurements used do not reliably correlate with each other. High positive significant correlations were found only between body weight and average daily weight gain, thickness and width of the muscle eye, shoulder girth and height at the sacrum. Thus, we have found that for the phenotypic assessment of the Dzhalginskiy merino sheep, it is advisable to use the girth of the shoulder, forearm and thigh as additional parameters.

Keywords: phenotypic variation, factor analysis, sheep, meat performance, animal breeding, body measurements, evaluation, ultrasonography.

For citation: Krivoruchko A. Yu., Yatsyk O. A., Kanibolotskaya A. A. Novye parametry prizhiznennoy otsenki myasnoy produktivnosti ovets porody dzhalginskiy merinos [New parameters of lifetime assessment of meat productivity of Dzhalginskiy merino sheep] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 04 (207). Pp. 74–84. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-74-84. (In Russian.)

Paper submitted: 20.12.2020.

References

1. Shatskiy A. D., Kravtsevich V. P. Ovtsevodstvo: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy po spetsial'nosti "Zootekhniya" [Sheep breeding: a textbook for students of higher educational institutions in the specialty "Zootechnics"]. Minsk, 2016. 227 p. (In Russian.)
2. Chernobay E. N., Antonenko T. I., Efimova N. I., Guzenko V. I. Fenotipicheskie korrelyatsii i nasleduemost' priznakov chistoporodnym i pomesnym molodnyakom s raznoy krovnost'yu po avstraliyskomu myasnomu merinosu [Phenotypic correlations and heritability of traits in purebred and crossbred young animals with different bloods according to the Australian meat merino] // Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2018. No. 6. Pp. 121–126. (In Russian.)
3. Scholz A. M., Bünger L., Kongsro J., Baulain U., Mitchell A. D. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review // Animal. 2015. Vol. 9. Iss. 07. Pp. 1250–1264. DOI: 10.1017/s1751731115000336.
4. Béréanos C., Ellis P. A., Pilkington J. G., Hong Lee S., Gratten J., Pemberton J. M. Heterogeneity of genetic architecture of body size traits in a free-living population // Molecular Ecology. 2015. Vol. 24. Iss. 8. Pp. 1810–1830. DOI: 10.1111/mec.13146.
5. Schaeffer L. R., Szkotnicki W. J. Genetic evaluations of sheep in Canada [e-resource]. University of Guelph, Guelph, Canada, 2015. URL: <http://www.aps.uoguelph.ca/~lrs/ELARES/GE2015.pdf> (data obrashcheniya: 23.09.2020).
6. Rovadoscki G. A., Pertile S. F. N., Alvarenga A. B., Cesar A. S. M., Pértille F., Petrini J., ... Mourão G. B. Estimates of genomic heritability and genome-wide association study for fatty acids profile in Santa Inês sheep // BMC Genomics. 2018. Vol. 19. Iss. 1. DOI: 10.1186/s12864-018-4777-8.
7. Massender E., Brito L. F., Cánovas A., Baes C. F., Kennedy D., Schenkel F. S. A genetic evaluation of growth, ultrasound, and carcass traits at alternative slaughter endpoints in crossbred heavy lambs // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 97. No. 2. Pp. 521–535. DOI:10.1093/jas/sky455.
8. Mortimer S. I., Fogarty N. M., van der Werf J. H. J., Brown D. J., Swan A. A., Jacob R. H., ... Pethick D. W. Genetic correlations between meat quality traits and growth and carcass traits in Merino sheep // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96. No. 9. Pp. 3582–3598. DOI: 10.1093/jas/sky232.
9. Batanov S. D., Baranova I. A., Starostina O. S. Innovatsionnye metody otsenki teloslozheniya krupnogo rogatogo skota // Nauchnye innovatsii v razvitii otrasley APK: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 3 t. Izhevsk, 2020. T. 2. Pp. 15–17 (In Russian.)
10. Li Z., Safo S. E., Long Q. Incorporating biological information in sparse principal component analysis with application to genomic data // BMC Bioinformatics. 2017. Vol. 18. P. 332. DOI: 10.1186/s12859-017-1740-7.
11. Novakovskiy A. B. Vzaimodeystvie Excel i statisticheskogo paketa R dlya obrabotki dannykh v ekologii [Interaction of Excel and R statistical package for data processing in ecology] // Vestnik Insituta biologii Komi NC UrO RAN. 2016. No. 3 (197). Pp. 26–33. (In Russian.)
12. Kramarenko A., Kuz'micheva N., Kramarenko S. Analiz glavnykh komponent rostovykh priznakov yuzhnoy myasnoy porody skota [Analysis of the main components of growth characteristics of the southern beef cattle breed] // Ştiinţa agricolă. 2018. No. 1. Pp. 126–131. (In Russian.)
13. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: spravochnoe posobie [Norms and rations for feeding farm animals: handbook] / Under the editorship of A. P. Kalashnikov, V. I. Fisinin, V. V. Shcheglov, N. I. Kleymenov. 3-e izdanie pererab. i dop. Moscow: 2003. 456 p. (In Russian.)
14. Buylov S. V., Vinnikov N. I., Khamitsaev V. S. Metodika otsenki myasnoy produktivnosti ovets [Methodology for assessing the meat productivity of sheep]. Dubrovitsy: VIZh, 1978. 49 p. (In Russian.)
15. Metodicheskie rekomendatsii po rannemu prognozirovaniyu, otboru i vyrashchivaniyu vysokoproduktivnykh baranov-proizvoditeley tonkorunnykh i polutonkorunnykh porod [e-resource] [Methodical recommendations for early forecasting, selection and rearing of highly productive sheep-producers of fine-fleece and semi-fine-fleece breeds] / Compilers: V. A. Moroz, et al. Stavropol, 2001. 29 p. (In Russian.)

16. Poryadok i usloviya provedeniya bonitirovki plemennykh ovets tonkorunnykh porod, polutonkorunnykh porod i porod myasnogo napravleniya produktivnosti [The procedure and conditions for the appraisal of pedigree sheep of fine-wool breeds, semi-fine-wool breeds and breeds of meat productivity]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2013. 58 p (In Russian.)
17. Serdyukov I. G., Aboneev V. V., Pavlov M. B., Pavlov A. M., Marchenko V. V. Myasnaya produktivnost' baranchikov porody dzhalginskiy merinos s razlichnoy toninoy shersti [Meat productivity of Dzhalginskiy merino sheep with different wool fineness] // *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo*. 2017. No. 1. Pp. 34–36. (In Russian.)
18. Kovyilkova I. Yu. Produktivnost' i nekotorye biologicheskie osobennosti ovets groznenskoj porody i pomesey, poluchennykh ot ikh skreshchivaniya s baranami dzhalginskiy merinos: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Productivity and some biological characteristics of Grozny sheep and hybrids obtained from their crossing with rams Dzhalginskiy merino: dissertation abstract ... candidate of biological sciences]. Moscow, 2018. 32 p. (In Russian.)
19. Yatsyk O. A. Sravnitel'naya otsenka pokazateley myasnoy produktivnosti merinosovykh ovets rossiyskikh porod [Comparative assessment of the indicators of meat productivity of merino sheep of Russian breeds] // *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2017. No. 3 (23). Pp. 58–60. (In Russian.)
20. Agarkova N. A. Produktivnost' i biologicheskie osobennosti ovets porody dzhalginskiy merinos pri vnutri- i mezhtlineynom podbore: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. [Productivity and biological characteristics of sheep of the Dzhalginskiy merino breed with intra- and interline selection: dissertation abstract ... candidate of agricultural sciences]. Stavropol, 2020. 22 p. (In Russian.)
21. Aboneev V. V., Kvitko Yu. D., Sel'kin I. I., et al. Metodika otsenki myasnoy produktivnosti ovets [Methodology for assessing the meat productivity of sheep]. Stavropol, 2009. 34 p. (In Russian.)
22. Gagloev A. Ch., Negreeva A. N., Gagloeva T. N., Zav'yalova V. G. Osobennosti teloslozheniya potomstva ovets ot raznykh variantov podbora roditel'skikh par [Features of the constitution of the offspring of sheep from different options for the selection of parental pairs] // *Nauka i obrazovanie*. 2019. T. 2. No. 2. P. 62. (In Russian.)
23. Bautista-Díaz E., Mezo-Solis J. A., Herrera-Camacho J., Cruz-Hernández A., Gomez-Vazquez A., Tedeschi L. O., ... Chay-Canul A. J. Prediction of Carcass Traits of Hair Sheep Lambs Using Body Measurements // *Animals*. 2020. Vol. 10. Iss. 8. Pp. 1276–1287. DOI: 10.3390/ani10081276.
24. Sozinova I. V., Malofeev Yu. M. Morfologicheskie osobennosti chetyrekhglavoy myshtsy bedra u ovets zapadno-sibirskoy myasnoy porody v postnatal'nom ontogeneze [Features of the constitution of the offspring of sheep from different options for the selection of parental pairs] // *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2015. No. 12 (134). Pp. 97–101. (In Russian.)
25. Khayitov A. Kh., Dzhuraeva U. Sh. Morfofiziologicheskie zakonomernosti rosta kostnoy i myshechnoy tkaney u ovets [Morphophysiological regularities of bone and muscle tissue growth in sheep] // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. T. 3. No. 48. Pp. 72–80. (In Russian.)
26. Kulikova A. Ya., Ul'yanov A. N. Osobennosti razvitiya myshts i kostey skeleta u ovets raznoy porodnosti [Features of the development of muscles and bones of the skeleton in sheep of different breeds] // *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva*. 2017. T. 6. No. 1. Pp. 73–78. (In Russian.)
27. Mel'nikov A. G. Myasnaya produktivnost' baranchikov raznykh genotipov i potrebitel'skie svoystva molodoy baraniny v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya: dis. ... kand. biol. nauk [Meat productivity of rams of different genotypes and consumer properties of young mutton in the Lower Volga region: dissertation abstract ... candidate of biological sciences]. Volgograd: Povolzhskiy nauchno-issledovatel'skiy institut proizvodstva i pererabotki myasomolochnoy produktsii, 2018. 116 p. (In Russian.)
28. Shipunov A. B., Baldin E. M., Volkova P. A., et al. Naglyadnaya statistika. Ispol'zuem R [Visual statistics. We use R] [e-resource]. URL: <https://cran.r-project.org/doc/contrib/Shipunov-rbook.pdf> (date of reference: 24.08.2020). (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr Yu. Krivoruchko¹, doctor of biological sciences, chief researcher, ORCID 0000-0003-0130-3639, AuthorID 186213, +7 918 881-43-27, rcvm@yandex.ru

Olesya A. Yatsyk¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0003-2730-2482, AuthorID 783775, +7 918-757-14-58, malteze@mail.ru

Anastasia A. Kanibolotskaya¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0003-3003-4175, AuthorID 771376, +7 961-456-99-25, dorohin.2012@inbox.ru

¹ All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasian Agrarian Center, Stavropol, Russia