

# РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА / BREEDING, SELECTION, GENETICS

Научная статья / Scientific paper

УДК: 591.151:636.32/38.082.13

DOI: 10.26897/2074-0840-2024-1-3-9

## СОСТОЯНИЕ МОЛОЧНОГО ОВЦЕВОДСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНОМНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВЕЦ И СОСТАВА МОЛОКА

**М.И. СЕЛИОНОВА<sup>1</sup>✉, А.-М.М. АЙБАЗОВ<sup>2</sup>✉, М.Ю. ГЛАДКИХ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет –  
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева,  
г. Москва, Российская Федерация; ✉ selionova@rgau-msha.ru;

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства –  
филиала «Северо-Кавказский Федеральный аграрный научный центр»,  
г. Ставрополь, Российская Федерация; ✉ velikii-1@yandex.ru

## THE STATE OF DAIRY SHEEP FARMING AND PROSPECTS FOR THE USE OF GENOMIC METHODS TO IMPROVE SHEEP PRODUCTIVITY AND MILK COMPOSITION

**M.I. SELIONOVA<sup>1</sup>✉, A.-M. M. AYBAZOV<sup>2</sup>✉, M.YU. GLADKIKH<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,  
Moscow, Russian Federation; ✉ selionova@rgau-msha.ru;

<sup>2</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding –  
branch of the North Caucasus Federal Agrarian Scientific Center,  
Stavropol, Russian Federation; ✉ velikii-1@yandex.ru

**Аннотация:** Мировое производство овечьего молока за последние 50 лет увеличилось более чем вдвое. Однако, овечье молоко и продукты из него до сих пор не стали традиционным потребительским товаром в России. Одной из основных причин этого является отсутствие специализированных молочных пород овец и недостаточное использование современных методов селекции, в том числе маркер-вспомогательной селекции, для их отбора по качеству молока. В статье рассмотрены основные гены-кандидаты молочной продуктивности овец, показано их влияние на величину удоя, содержание молочного жира и белка, устойчивость к маститу.

**Ключевые слова:** овечье молоко, состав молока, фенотипические признаки, породы овец, гены-кандидаты

**Работа выполнена в рамках тематики МСХ РФ № 082-03-2023-213.**

**Summary:** The world production of sheep milk has more than doubled in the last 50 years. However, sheep milk and sheep milk products have not yet become a traditional consumer product in Russia. One of the main reasons for this is the lack of specialised dairy breeds of sheep and insufficient use of modern breeding methods, including marker-assisted selection. The article considers the main candidate genes of sheep dairy productivity, shows their influence on milk yield, fat and protein content, resistance to mastitis.

**Keywords:** sheep milk, milk composition, phenotypic traits, sheep breeds, candidate genes

**The work was carried out by order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 082-03-2023-213.**

**Введение.** Овцеводство представляет собой уникальную отрасль аграрного сектора экономики России. Основное предназначение отрасли – максимальное производство высококачественной продукции продовольственного (баранина, молоко) и сырьевого (шерсть, шкуры) назначения. Вторым важным предназначением отрасли является социальное развитие сельских территорий.

Состояние и развитие мирового овцеводства в огромной степени зависит от востребованности и ценовой конъюнктуры на его основные виды продукции. В овцеводстве нашей страны долгое время доминировало производство шерсти. Соответственно, вся селекционная работа была направлена на решение актуальных задач по увеличению объема шерсти и улучшению ее ассортимента. В последние десятилетия экономическое и потребительское значение шерсти в мире существенно снизилось, что привело к существенному сокращению поголовья шерстных овец. Следуя мировой тенденции, в России предпринимаются меры, в том числе на государственном уровне, по переводу отрасли с шерстного направления на мясное. Однако следует отметить, что другой значимой мировой тенденцией является динамичный рост производства овечьего молока, что, во многом, определяется его уникальными характеристиками. По плотности питательных веществ, профилю жирных кислот, биоактивным соединениям и усвояемости овечье молоко обладает ощутимым

преимуществом перед другими видами молока. Хотя на сегодняшний день нельзя отнести его к экономически значимым продуктам, глобальная динамика развития молочного овцеводства свидетельствует об активном распространении промышленной технологии производства овечьего молока и продуктов из него.

В мире насчитывается около 2,2 млрд овец и коз, из них 20,8% предназначено для производства молочных продуктов (табл. 1). Несмотря на такое большое количество животных, овечье и козье молоко составляло лишь 1,3% и 1,9% соответственно от общего мирового производства молока в 2018 г. (799 млн тонн), а производство овечьего молока – 36,5% от общего мирового производства молока мелких жвачных (FAO, 2018).

Мировое производство овечьего и козьего молока за последние 50 лет увеличилось более чем вдвое, и ожидается, что к 2030 г. оно возрастет примерно на 2,7 млн тонн (+26%) и 9,7 млн тонн (+53%) соответственно. В 2020 г. на фермах Европейского Союза (ЕС) было произведено всего 160,1 млн тонн молока, из которого молоко овец составило 3 млн тонн (1,87%), молоко коз – 2,5 млн тонн (1,56%). Эти цифры иллюстрируют, насколько важен вклад мелких жвачных животных в производство молока в ЕС. Более того, на глобальном уровне доля ЕС в производстве овечьего молока в мире составляет около 50%, что отражает высокие показатели производства молока этого вида. В 2021 г. пять стран: Греция, Испания, Италия, Румыния и Франция, вместе произвели 2735 тыс. т овечьего молока, что на 2,89% больше, чем в 2012 г. Это означает, что эти пять стран обеспечивают более 90% производства овечьего молока в ЕС [18].

Считается, что доить можно овец любой породы, но некоторые отличаются значительно большей продуктивностью, которая составляет 200 л и более за лактацию, при среднем периоде от 180 до 240 дней. К таким породам относятся авасси, ассаф, восточно-фризская, лакон, сарда, хиос, манчега.

**Материалы исследований.** Краткая характеристика молочных пород и уровня их продуктивности.

**Восточно-фризская** (остфризская, остфрисляндская) **порода** произошла в регионе Фрисландия (Нидерланды) и считается одной из лучших пород овец в мире

по производству молока. Широко распространена в странах Европы. Длительность лактации составляет 210-230 дней, общая молочность – 900-1000 кг, товарная – 500 кг, содержание жира в молоке – 6,0-7,0%, белка – 5,0-5,5%.

**Порода авасси** (другие названия: ивеси, балади, деири, сирийская, нуами, гезириех) выведена в Аравийской пустыне, название получила от бедуинского племени авас. Это длинножирнохвостые овцы, которых разводят в основном для получения молока, но также и для производства мяса и шерсти. Широко распространена в Сирии, Израиле и других странах Средиземноморья, в Европе и Америке. Средний удой за лактацию – 180 кг, содержание жира в молоке колеблется от 7,0% до 11,0%, белка – от 5,0% до 6,5%.

**Порода ассаф** выведена в Израиле, в результате скрещивания пород авасси и восточно-фризской. Эти животные известны двойным направлением продуктивности (молоко и мясо). Порода широко распространена в Израиле и других странах Средиземноморья, в Европе и Америке. Средний удой за лактацию – 180-200 кг, содержание жира в молоке составляет 6,0-9%, белка – 5,0-5,5%.

**Порода лакон** выведена на юге Франции и получила свое название от округа Мон-де-Лакон. На сегодняшний день ее численность составляет более 1 млн голов. Идеально подходит для интенсивной молочной промышленности, так как вымя, как правило, хорошо адаптировано к машинному доению. Средний удой за лактацию составляет около 350 кг (рекордистки – до 700 кг) молока с содержанием жира 7,5-8,0% и белка – 5,5-6,0%.

Итальянская **порода сарда** произошла от местных овец острова Сардиния, откуда получила название. Общая численность в мире составляет около 5 млн голов. Широко распространена в Италии, а также во многих странах Средиземноморья, особенно в Тунисе. Адаптирована к промышленному овцеводству и интенсивным технологиям. Овцы способны давать 180-210 литров молока за 180 дней лактации.

Точное происхождение **породы хиос** неизвестно, но их родиной принято считать греческий остров Хиос, откуда следует название породы. Широко распространены на островах Греции, адаптированы к разведению

на Кипре. Овцы хорошо приспособлены для разведения в условиях интенсивного овцеводства. Отличаются скороспелостью, хорошей плодовитостью и высокой молочной продуктивностью: за 210 дней лактации дают 150-350 кг (рекордистки – до 600 кг) высококачественного молока.

Овцы **породы манчега** относятся к молочно-мясо-шерстному направлению продуктивности. Принадлежат к группе энтерфино. Овец

Таблица 1. Численность молочных овец и коз по континентам

Table 1. The number of dairy sheep and goats by continent

| Континент | Поголовье, млн голов (%) |            | В т.ч. молочные, млн голов (%) |           | Производство молока, млн т (%) |            | Удой, кг |       |
|-----------|--------------------------|------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|------------|----------|-------|
|           | овцы                     | козы       | овцы                           | козы      | овцы                           | козы       | овцы     | козы  |
| Азия      | 512(43,6)                | 556 (55,4) | 135 (54,0)                     | 106(52,1) | 4,73 (45,6)                    | 8,04(52,7) | 35,1     | 76,2  |
| Африка    | 352(30,0)                | 388 (38,7) | 79 (31,7)                      | 80 (39,6) | 2,54 (24,5)                    | 3,93(25,7) | 32,2     | 48,9  |
| Европа    | 131(11,2)                | 17 (1,7)   | 33 (13,3)                      | 9 (4,3)   | 3,01 (29,0)                    | 2,54(16,6) | 90,8     | 290,1 |
| Америка   | 84(7,1)                  | 38 (3,8)   | 3 (1,1)                        | 8 (4,0)   | 0,09 (0,9)                     | 0,75 (4,9) | 33,0     | 93,4  |
| Океания   | 95(8,1)                  | 4 (0,4)    | <0,1 (0)                       | <0,1 (0)  | <0,01 (0)                      | <0,01 (0)  | -        | -     |
| Общее     | 1173                     | 1003       | 250                            | 203       | 10,37                          | 15,26      | 41,5     | 75,3  |

Источник: FAOSTAT, 2018 г.

разводят в сухих безводных долинах северо-восточной части Монте де Толедо, Алкаррия и других провинциях Испании. Порода насчитывает до 1,7 млн голов. Молочная продуктивность за 5 мес. лактации составляет около 50 кг молока жирностью 8,0%.

Исторически так сложилось, что в России нет специализированных отечественных молочных пород овец, хотя некоторые комбинированные породы овец обладают хорошей молочной продуктивностью.

**Цигайская порода** овец является одной из древнейших, была выведена в Малой Азии на основе тонкошерстных овец, которых разводили на фригийских пастбищах. В Россию породу завезли из стран Балканского полуострова в начале прошлого века. За 120 дней лактации от овцы надаивают 90-95 кг молока жирностью 7-8%.

**Карачаевская порода** является одной из древнейших пород овец Северного Кавказа, выведена методом «народной селекции». П.Н. Кулешов относил карачаевскую овцу к молочным и считал, что среди кавказских пород овец с ней по молочной продуктивности может равняться только порода мазех. Карачаевская овца за 150 дней лактации при отъеме ягнят в условиях хорошего кормления дает в среднем 110-115 кг молока с содержанием жира 9,7%, белка – 6,5%, а отдельные особи – до 200 кг при 7,9% жирности молока в начале лактации и до 13,0% – в конце.

Как отмечалось выше, производство овечьего молока в мире динамично растет. Топ-10 стран по производству овечьего молока в 2021 г. возглавил Китай, который произвел 1 273 864 т молока овец. Вторым по величине производителем в мире с объемом производства в 1 143 762 т является Турция. Греция (951 650 т) – третья страна по производству овечьего молока, Сирийская Арабская Республика (703 351 т) – четвертая, а Испания (560 300 т) находится на пятом месте. В десятку крупнейших производителей овечьего молока также входят Алжир (524 908 т), Италия (477 100 т), Румыния (419 700 т), Судан (412 030 т) и Сомали (391 742 т) (FAOSTAT, 2021).

Отечественные достижения производства овечьего молока в промышленном масштабе датируются 60-70 гг. прошлого столетия, когда для улучшения молочной продуктивности отечественных овец скрещивали с баранами восточно-фризской молочной породы и даже пытались создать технологию круглогодичного ягнения и, соответственно, доения и производства овечьего молока. Можно упомянуть, что в 60-70 гг. прошлого столетия только на предприятиях молочной промышленности Дагестана вырабатывали брынзу из овечьего молока объемом от 100 до 120 т.

**Ключевыми характеристиками овечьего молока**, влияющими на его экономическую значимость при производстве продукции, являются содержание жира, белка и сухого вещества.

Thomas D.L. et al. [22] определили, что содержание жира и белка в молоке у помесей восточно-фризских и лакон первой лактации варьировало от 5,46-5,65% и 4,46-4,68% соответственно. Stancheva N. et al. [19]

приводят средние значения состава молока у овец болгарской молочной синтетической популяции для первой и второй лактаций: содержание жира 7,32% и 7,45%, белка – 5,43% и 5,57%, сухого вещества – 17,9% и 18,0% соответственно.

Kalaydzhiev G. et al. [12] определили корреляцию между фенотипическими характеристиками и химическим составом, количеством соматических клеток и сычужной свертываемостью овечьего молока на разных стадиях лактации у болгарских пород овец – местных старозагорских овец, новой выведенной породы – болгарской молочной синтетической популяции (БМСП) и овец породы лакон. На основе полученных данных о химическом составе овечьего молока установлено, что овцы БМСП имели самую высокую жирность – 9,5%, тогда как у остальных пород она составляла примерно 8,3%. Определена отрицательная корреляция между количеством соматических клеток и показателями свертывающей способности молока – 0,254.

Panayotov D. et al. получили результаты по удою овец породы лакон со средним значением за 150 дней доения в 213,3 л. Такого удою, по мнению авторов, племенные черноголовые овцы и болгарской молочной синтетической популяции могут достигать примерно за 200 дней доения. Среднесуточный удой молочной породы сарда за период доения со второй по четвертую лактацию составил 0,623 кг при двукратном доении [17].

**Гены, ассоциированные с показателями молочной продуктивности у молочных пород овец.**

Благодаря проекту Sheep HarMap, выполненного Международным консорциумом по геномике овец (ISGC <http://www.sheepharmap.org/>), проведено полное секвенирование генома овец и создана база данных (<http://www.livestockgenomics.csiro.au/sheep/oar3.0.php>), которая является важным ресурсом для поиска генов, формирующих ценные фенотипические признаки их продуктивности.

Использование технологии генетических маркеров (MAS и Gene Assisted Selection – GAS), основанной на обнаружении полиморфизмов в генах, связанных с молочной продуктивностью, признано одним из перспективных направлений в селекции молочных овец. Гены, кодирующие ключевые гормоны, связанные с лактацией, а также отвечающие за секрецию белков в молоке, являются основными молекулярными маркерами, изучаемыми в качестве генов-кандидатов молочной продуктивности овец. К ним относятся пролактин (PRL),  $\alpha$ 1,  $\alpha$ 2,  $\beta$  и  $\kappa$ -казеин (CSN1S1, CSN1S2, CSN3),  $\alpha$ - и  $\beta$ -лактоглобулин ( $\alpha$ -LGB,  $\beta$ -LGB), гипофизарно-специфический позитивный фактор транскрипции 1 (Pit-1).

Пролактин – полипептидный гормон, обладающий множеством функций. Он кодируется единственным геном (PRL), обнаруженным у всех позвоночных, у овец расположен на хромосоме 20 [14]. Он секретируется главным образом клетками передней доли гипофиза, а также матки, молочной железы, тканями иммунной системы, мозга, кожи. Рецепторы пролактина (PRL-R) присутствуют практически во всех тканях. Его основная биологическая

функция – стимулирование выработки молока клетками молочной железы после родов.

Казеин – это молочный белок, сочетающий в себе несколько типов белков, содержащихся в молоке млекопитающих. Это единственный белок в природе, обладающий питательной, а не структурной или метаболической функцией. Он коагулирует под действием сычужных ферментов, но не коагулирует под действием высоких температур. Содержит четыре типа белков:  $\alpha$ 1-,  $\alpha$ 2-,  $\beta$ - и  $\kappa$ -казеин, которые являются важными факторами, связанными с лактацией, содержанием молочного белка в молоке, временем свертывания и эффективностью выхода сыра [11].

$\beta$ -лактоглобулин ( $\beta$ -LGB) представляет собой глобулярный белок, который присутствует в молоке многих видов млекопитающих, включая жвачных животных. Он составляет примерно 75% фракции альбумина, кодируемой геном *LGB*. Основной и наиболее изученной мутацией в локусе этого гена у овец является замена в полипептидной цепи в позиции 20 аминокислоты Туг на His, что легко определяется методом ПЦР-ПДРФ-анализа [6].

Ген гипофизарно-специфического позитивного фактора транскрипции 1 (*PIT-1*), также известный как *POU1F1*, является членом факторов транскрипции POU, которые регулируют рост млекопитающих. *POU1F1* представляет собой сложный белок, ответственный за развитие гипофиза и кодирующий белок POUdomain, необходимый для терминальной дифференцировки и экспансии соматотрофов, лактотрофов и тиреотрофов. Этот белок, являясь фактором транскрипции, регулирует транскрипцию самого себя, а также других гормонов и их рецепторов: гормона роста (*GH*), пролактина (*PRL*), бета-субъединицы тиреотропного гормона (*TSH $\beta$* ), рецептора тиреотропного гормона (*TSHR*) и рецептора рилизинг-гормона (*GHRHR*) [21].

Othman O.E. et al. [25] определили генетический полиморфизм генов  $\alpha$ 1- и  $\alpha$ 2-казеина у трех аборигенных египетских пород овец: рахмани, барки и осси-ми. Авторы идентифицировали аллельную специфичность в обоих локусах, зарегистрированных в GenBank: KF018339 (аллель  $\alpha$ 1-казеина T), KF018340 (аллель  $\alpha$ 1-казеина C) и JX080380 (ген  $\alpha$ 2-казеина).

Gencheva D. [7] определили генетический полиморфизм в экзоне III  $\alpha$ -казеина (*CSN1S1*) у нескольких пород овец, разводимых в Болгарии: софийская, медно-красный шумен, карнобатский меринос, плевенская черноголовая, старозагорская и брезникская. Результаты анализа показали, что генотип AC *CSN1S1* был достоверно связан с высоким процентным содержанием жира, белка, казеина, СОМО и общего количества сухих веществ у софийских овцематок. Генотип *CSN1S1* CC был связан с высоким процентом неказеинового белка, тогда как генотип AA – с содержанием лактозы. Генотип *CSN1S1* не оказывал значительного влияния на время сычужного образования творожного сгустка. Авторы пришли к выводу, что установленный однонуклеотидный полиморфизм в локусе *CSN1S1* может быть использован в качестве потенциального

генетического маркера состава овечьего молока, а также для разработки эффективной стратегии сохранения традиционных пород овец в Болгарии.

Целью исследования Bozgo V. et al. [2] было выявление генетического полиморфизма экзона 17 в гене  $\alpha$ -казеина и экзона 4 в гене  $\kappa$ -казеина у трех местных албанских пород овец: бардхока, руда и шкодрене. Анализ последовательности показал однонуклеотидный полиморфизм (SNP) в положении 137 (C>T) и в 168 (T>C) экзона 17 *CSN1S1* и экзона 4 *CSN3* соответственно.

Gras M. et al. [9] изучали генетический полиморфизм трех генов: *PRL*, *CNS3* и  $\beta$ -*LGB* и их влияние на удой и состав молока у овец телеорманской черноголовой породы (Румыния). Обнаружена положительная связь между полиморфизмом локусов *LGB* и *PRL* и исследованными показателями молочной продуктивности, что позволило им утверждать, что эти гены-кандидаты могут быть реализованы в качестве ДНК-маркеров в программах селекции.

Изучение полиморфизма в гене *Pit-1* не выявило его влияния на молочную продуктивность и живую массу у местных индийских овец [21].

Гены *FABP3*, *SLC27A3* и *ABCG2* также изучались в качестве генов-кандидатов состава овечьего молока. Белки, связывающие жирные кислоты, играют важную роль в транспортировке и метаболизме жирных кислот в клетке. Транспорт жирных кислот также поддерживается группой белков FATP (белков-переносчиков жирных кислот), которые кодируются семейством генов *SLC27A*. Полиморфизмы в гене *FABP3* анализировались на молочных овцах, разводимых в Испании – арагонеса, аваси, ассаф, манчега [4], в Турции – кивирчик [15] и в Словакии (зослахтена валаска) [13]. Исследователи сообщают о генетическом разнообразии и различной частоте аллелей и генотипов у изученных пород, что может быть связано с различиями в продуктивности и составе молока этих пород.

Ген *ABCG2* у овец расположен на хромосоме 6 и имеет 20 экзонов, разделенных 19 интронами, экспрессируется в некоторых тканях, включая молочную железу [1]. Этот ген был выбран в качестве гена-кандидата, влияющего на показатели молочной продуктивности у овец, исходя из его функции [9].

По локусу *ABSG2* были генотипированы четыре породы: болгарская молочная синтетическая популяция, а также асканийский, кавказский и карнобатский меринос. Результаты определили полиморфизм в гене *ABSG2* у всех исследованных овец, однако его влияние на признаки молочной продуктивности не выявлено [3, 5].

Чтобы найти QTL-маркеры молочной продуктивности и состава молока, проведено полное сканирование генома на 188 помесных овец, полученных от молочной и немолочной пород: восточно-фризской и дорсет соответственно. Было выявлено, что хромосомы 2, 12, 18, 20 и 24 содержат предполагаемые QTL для различных показателей молочной продуктивности. QTL, картированные на хромосомах 2 и 20, были аналогичны QTL, которые уже были картированы

в других исследованиях, тогда как QTL на хромосомах 12, 18 и 24 были установлены впервые [14].

В последнее время были выполнены полногеномные ассоциативные исследования, предполагающие использование ДНК-чипа на 50 тысяч однонуклеотидных полиморфизмов, распределенных по всему геному. Продemonстрировано, что в сложный механизм секреции молока вовлечено множество генов, регулирующих различные метаболические пути. Так, для молочной породы хиос идентифицирован ряд генов – *DNAJA1*, *GHR*, *LYPLAL1*, *NUP35*, *OXCT1* и *RRP15*, ассоциированных с величиной удоя, при этом часть из них экспрессируется в молочной железе и играет важную роль в транскрипте молекул молока [8, 11]. *DNAJ* – это семейство белков, которое участвует в гидролизе АТФ, сворачивании и транспортировке белков, предотвращает протеолитическую деградацию, а также предотвращает апоптоз клеток в ответ на клеточный стресс. Рецептор гормона роста (*GHR*) отвечает за процесс роста клеток, при этом было

установлено, что его экспрессия в клетках молочной железы и печени была выше, чем в других тканях. Экспрессия *OXCT1* и *NUP35* также была выше в тканях, связанных с выработкой молока и с иммунитетом, по сравнению с другими тканями [8].

Исследования роли генов этого типа были продолжены исследованием транскриптома молока у пород чурра и ассаф. Было высказано мнение, что гены *DNAJA4* и *DNAJB2* влияют на удой молока посредством метаболического обмена и апоптоза клеток молочной железы, что определяет продолжительность лактации [20].

Следует отметить, что ассоциации рецептора гормона роста (*GHR*) и 3-оксокислотная КоА-трансфераза 1 (*OXCT1*) с продуцированием молока, меньшим числом соматических клеток и устойчивостью к маститу были ранее выявлены у молочного скота [10, 23].

Гены, связанные с признаками молока овец, с информацией о породах овец, положении на хромосоме и выполняемых ими функциях, обобщены в таблице 2.

**Таблица 2.** Гены, ассоциированные с показателями молочной продуктивности у молочных пород овец (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/>)

**Table 2.** Genes associated with indicators of milk productivity in dairy breeds of sheep (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/>)

| Ген / Хромосома |    | Порода овец      | Расположение        | Функция                                                                                                      | Исследователи                                       |
|-----------------|----|------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| POU1F1          | 1  | Turkish sheep    | 154027868-154043592 | Регулирует транскрипцию GH, PRL и TSH                                                                        | Ozmen et al., 2014                                  |
| RFP145          | na | Italian Altamura | na                  | Отвечает за клеточный метаболизм                                                                             | Moioli et al., 2013                                 |
| LALBA           | 3  | Spanish, Churra  | 137390403-137392415 | Отвечает за клеточный метаболизм                                                                             | Garsia-Gamez et al., 2012                           |
| GH1             | 11 | Serrada Estrela  | 14849149-14850884   | Ассоциирован со снижением удоя                                                                               | Vacca et al., 2013                                  |
| GH              | 11 |                  | 14854339-14856064   | Регулирует рост соматических клеток                                                                          | Dettory et al., 2015                                |
| PALMD           | na | Italian Altamura | na                  | Регулирует клеточный механизм, продуцирующий цитозольный белок, участвующий в динамике мембран               | Moioli et al., 2013<br>Garsia-Gamez et al., 2012    |
| DNAJA1          | 2  | Chios            | 40136610-40147235   | Регулирует обмен веществ и апоптоз молочной железы                                                           | Giorgios et al. 2019                                |
| DNAJA4          | 18 | Churra, Assaf    | 28602532-28618994   | Ассоциированы с удоем                                                                                        | Suarez-Vega et al., 2017                            |
| DNAJB2          | 14 | Churra, Assaf    | 16158346-16171780   |                                                                                                              |                                                     |
| OXCT1           | 16 | Chios            | 34443788-34607167   | Экспрессируется в молочной железе, иммунных тканях, коре почек, печени                                       | Bionaz et al., 2008                                 |
| CSN1S1          | 6  | Churra, Assaf    | 94699768-94716493   | Ассоциирован с увеличением казеина для производства сыра                                                     | Bălteanu et al., 2010;<br>Suarez-Vega. et al., 2017 |
| CSN1S2          | 6  |                  | 94793750-94810274   |                                                                                                              |                                                     |
| FASN            | 11 |                  | 12314481-12333275   | Регулирует жировой обмен молока                                                                              |                                                     |
| ACSL1           | 26 |                  | 16088646-16154220   |                                                                                                              |                                                     |
| LPIN1           | 3  |                  | 21243542-21371164   |                                                                                                              |                                                     |
| SOCS2           | 3  | French dairy     | 139298423-139303587 | Супрессор передачи сигналов цитокинов 2, ассоциирован с маститом                                             | Oget et al., 2019                                   |
| GHR             | 16 | Chios            | 33625221-33923727   | Ассоциирован с увеличением удоя, снижением количества соматических клеток, экспрессируется в молочной железе | Georgios et al., 2019                               |
| LYPLAL1         | 12 |                  | 24731653-24762461   | Обнаружен в тканях, связанных с синтезом компонентов молока                                                  |                                                     |
| NUP35           | 2  |                  | 136717318-136750188 |                                                                                                              |                                                     |
| RRP15           | 12 |                  | 23815587-23867013   |                                                                                                              |                                                     |

**Закключение.** Обнаружено статистически значимое влияние генетических маркеров на фенотипическое выражение признаков молочной продуктивности и состава молока у овец. Это позволяет сделать вывод, что гены, связанные с молочной продуктивностью, могут быть эффективно использованы в маркер-вспомогательной селекции молочных овец. Идентификация генетических маркеров позволяет в раннем возрасте отобрать носителей предпочтительных для селекции генотипы и ускоренно их тиражировать, или исключить животных с нежелательным генотипом.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Работа выполнена в рамках тематики МСХ РФ № 082-03-2023-213.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest. The work was carried out by order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 082-03-2023-213.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Al-Mamun H.A., Kwan P., Clark S.A., Ferdosi M.H., Tellam R., Gondro C. Genome-wide association study of body eight in Australian Merino sheep reveals an orthologous region on OAR6 to human and bovine genomic regions affecting height and weight • *Genetics Selection Evolution*. 2015. 47(1). P. 1-11.
2. Bozgo V., Hoda A., Hysi L., Papa L. Genetic polymorphism detection of Casein genes in Albanian local sheep breeds • *Livestock Research for Rural Development*. 2020. 32(5). Article 71.
3. Bozhilova-Sakova M., Dimitrova I., Ivanova T., Koutev V., Ignatova M. Polymorphism of ABCG2 gene and its effects on litter size and milk production of synthetic population Bulgarian milk ewes • *Tradition and Modernity in Veterinary Medicine*. 2022. 7(1). P. 44-48.
4. Calvo J.H., Marcos S., Jurado J.J., Serrano M. Association of the heart fatty acid-binding protein (FABP3) gene with milk traits in Manchega breed sheep • *Animal Genetics*. 2004. 35(4). P. 347-349.
5. Dimitrova I., Bozhilova-Sakova M., Ignatova M., Koutev V., Genova K. Investigation of ABCG2 gene in three fine fleece sheep breeds in Bulgaria • *Tradition and modernity in veterinary medicine*. 2022. V. 7. 1(12). P. 44-48.
6. Elyasi G., Shodja J., Nassiri M., Tahmasebi A., Pirahary O., Javanmard A. Polymorphism of  $\beta$ -lactoglobulin gene in Iranian sheep breeds using PCRR FLP • *Journal of molecular Genetics*. 2010. 2 (1). P. 6-9.
7. Gencheva D., Georgieva S. Genetic diversity and population structure of Bulgarian autochthonous sheep breeds based on nucleotide variation in Alpha S1-casein gene • *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. 25(3). P. 95-102.
8. Georgios B., Clark S., Bush P.G., Bramis G., Arsenos D.A., Psifidi A. Genetic and genomic analyses underpin the feasibility of concomitant genetic improvement of milk yield and mastitis resistance in dairy sheep • *PLoS One*. 2019.14: e0214346.
9. Gras M., Pistol G., Pelmus R., Lazar C., Grosu H., Ghita E. Relationship between gene polymorphism and milk production traits in Teleorman Black Head sheep breed • *Revista MVZ Córdoba*. 2016. 21(1). P. 5124-5136.
10. Gutierrez-Gil B., Arranz J.J., Wiener P. An interpretive review of selective sweep studies in Bos Taurus cattle populations: Identification of unique and shared selection signals across breeds • *Front. Genet.* 2015. 6. P. 167.
11. Kalaydjiev G., Angelova T., Yordanova D., Karabashev V., Laleva S., Cassandro M., Krastanov J., Oblakov N., Dimov D., Popova Y. „D-allele” frequencies in milk  $\alpha$ -s1 casein from Bulgarian local sheep breeds • LXVIII Convegno Sisvet, XI Convegno Aipvet e XII Convegno Sira, 16-18 June 2014, Pisa, Italy P. 142-145.
12. Kalaydzhev G.I., Balabanova T.B., Ivanova M.G., Ivanov G.Y. Correlation between phenotypic characteristics of chemical composition and rennet coagulation of sheep milk • *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. 1031(1). P. 012099.
13. Kowalewska-Luczak I., Czerniawska-Piątkowska E., Pecka-Kiełb E. Investigation on relationships of the FABP3 and SLC27A3 genes with milk production traits in sheep • *J. Elementol.* 2017. 22. P. 1485-1493.
14. Mateescu R.G., Thonney M.L. Genetic mapping of quantitative trait loci for milk production in sheep • *Animal genetics*. 2010. 41(5). P. 460-466.
15. Öner Y., Orman A., Üstüner H., Yilmaz A. Investigation of polymorphisms on ABCG2, AANAT and FABP3 genes in the Kıvrıkcık sheep reared in three different provinces of Turkey • *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* 20. P. 649-654.
16. Othman O.E., El-Fiky S.A., Hassan N.A., Mahfouz E.R., Balabel E.A. Genetic polymorphism detection of two  $\alpha$ -Casein genes in three Egyptian sheep breeds • *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2013. 11(2). P. 129-134.
17. Panayotov D., Sevov S., Georgiev D. Milk yield and morphological characteristics of the udder of sheep from the breed Lacaune in Bulgaria • *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. 24(1). P. 95-100.
18. Popescu A., Stanciu M., Antonie L. Livestock and milk and meat production in the top five EU countries rearing sheep and goats, 2012-2021 • *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2022. Vol. 22, Issue 3, 2022. P. 2284-7995.
19. Stancheva N. Productivity and heredity of some traits of sheep from the Synthetic Bulgarian Dairy Population • *Livestock sciences*. 2013. 6. P. 29-35.
20. Suarez-Vega A., Gutierrez-Gil B., Klopp C., Tossier-Klopp G., Arranz J.J. Variant discovery in the sheep milk transcriptome using RNA sequencing • *BMC Genomics*. 2017. 18. P. 170.
21. Sumantri C., Herdiana D., Farajallah A., Rahmat D. Polymorphism of Pituitary-Specific Transcription Factor-1 (Pit-1) Gene at Locus (Pit-1-HinfI) and its effects on dam body weight and milk production of local sheep's • *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 2009. 14(3). P. 212-229.
22. Thomas D.L., Berger Y.M., McKusick B.C., Gottfredson R.G. Comparison of East Friesian-crossbred and Lacaune-crossbred ewe lambs for dairy sheep production first-year results from a multiyear trial • *In Dairy Sheep Symposium*. 2020. [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/sheepgoat/sg\\_Comparison.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/sheepgoat/sg_Comparison.pdf).

23. Tiezzi F., Parker-Gaddis K.L., Cole J.B., Clay J.S., Maltecca C.A. Genome-wide association study for clinical mastitis in first parity us holstein cows using single-step approach and genomic matrix re weighting procedure • *PLoS One*. 2015. 10: e0114919.

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Селионова Марина Ивановна**, доктор биол. наук, профессор, зав. кафедрой разведения, генетики и биотехнологии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 52; тел.: (968) 266-33-03, e-mail: selionova@rgau-msha.ru;

**Айбазов Али-Магомед Муссаевич**, доктор с.-х. наук, профессор, гл. науч. сотрудник, Всероссийский НИИ овцеводства и козоводства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный аграрный научный центр», Российская Федерация, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15; тел.: (938) 351-01-02, e-mail: velikii-1@yandex.ru;

**Гладких Марианна Юрьевна**, канд. с.-х. наук, доцент, науч. сотрудник кафедрой разведения, генетики и биотехнологии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 52; тел.: (919) 970-72-97, e-mail: marianna.gladkikh@rgau-msha.ru

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Selionova Marina Ivanovna**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Breeding, Genetics and Biotechnology of Animals of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 52; tel.: (968) 266-33-03, e-mail: selionova@rgau-msha.ru;

**Aybazov Ali-Mahomet Mussayevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Scientific Officer. employee, All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasus Federal Agrarian Scientific Center, Russian Federation, Stavropol, per. Zootechnical, 15; tel.: (938) 351-01-02, e-mail: velikii-1@yandex.ru;

**Gladkikh Marianna Yurievna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Scientist. employee of the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 52 Timiryazevskaya str., Moscow, 127550, Russian Federation; tel.: (919) 970-72-97, e-mail: marianna.gladkikh@rgau-msha.ru

**Поступила в редакцию / Received** 30.11.2023

**Поступила после рецензирования / Revised** 19.12.2023

**Принята к публикации / Accepted** 15.01.2024