

Биотехнологические методы ускоренного воспроизводства овец молочного направления продуктивности (обзор)

А. В. БРИГИДА, И. Е. ПРИДАНОВА

Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, ул. Ленина, 13, Пушкино, пос. Лесные Поляны, Московская обл., 141212, Российская Федерация

Резюме. Исследование проводили с целью анализа имеющихся сведений о применении биотехнологических методов ускоренного воспроизводства овец молочного направления продуктивности для темпов генетического прогресса стада. Обобщение сведений из более чем 550 отечественных и зарубежных публикаций, отобранных по ключевым словам, связанным с репродукцией и биотехнологией овец, за период 2007–2025 гг. из баз Academia.Edu, Link.Springer, Researchgate, Frontiersin, Sciencedirect, Google Scholar, Csirio Publish, MDPI, eLibrary и Cyberleninka, позволило выявить перспективные направления дальнейших исследований. Выявлено, что искусственное осеменение, включая применение сексированного семени (6×10^6 клеток), может обеспечивать оплодотворяемость 65...80 % и выше при условии использования современных сред для хранения спермы, сохраняющих биологическую полноценность сперматозоидов до 9 суток. Гормональная синхронизация половых циклов с использованием интравагинальных прогестероновых имплантатов (например, CIDR – controlled internal drug release) демонстрирует 100 %-ный положительный реакционный ответ самок и высокую эффективность первого осеменения. Ключевой метод ускоренного воспроизводства – технология трансплантации эмбрионов (ТТЭ). Наиболее перспективным можно считать метод множественной овуляции и эмбриотрансплантации (МОЭТ) *in vivo*, в частности с нехирургическим трансцервикальным извлечением эмбрионов, который обеспечивает выход 7, 1 эмбриона за сессию, что вдвое превышает эффективность *in vitro* (3,6 эмбриона). Разработаны протоколы, позволяющие раскрыть шейку матки у овец на 45 минут для нехирургической пересадки, без пагубного влияния на эмбрионы. Применение бисекции эмбрионов увеличивает число жизнеспособных эмбрионов в 1,5...2 раза. Комплексное применение вспомогательных репродуктивных технологий, включая искусственное осеменение, гормональную синхронизацию, МОЭТ *in vivo* с нехирургической трансцервикальной пересадкой и бисекции эмбрионов, позволит увеличить производство овечьего молока, обеспечить потребности населения, в том числе людей с аллергией к белкам коровьего молока, и повысить генетический потенциал стада.

Ключевые слова: трансплантация эмбрионов, трансцервикальный метод, нехирургическое извлечение эмбрионов, эмбриотрансфер.

Сведения об авторах: А. В. Бригида, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией (e-mail: brigida_86@mail.ru); И. Е. Приданова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

Для цитирования: Бригида А. В., Приданова И. Е. Биотехнологические методы ускоренного воспроизводства овец молочного направления продуктивности (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39. № 7. С. 73–82. doi: 10.53859/02352451_2025_39_7_73

Biotechnological methods for accelerated reproduction of dairy sheep (review)

A. V. Brigida, I. E. Pridanova

All-Russian Research Institute of Pedigree Work, ul. Lenina, 13, Pushkino, pos. Lesnye Polyany, Moskovskaya obl., 141212, Russian Federation

Abstract. The study was conducted to analyse existing data on the use of biotechnological methods for accelerated reproduction of dairy sheep to improve herd genetic progress. A summary of data from more than 550 domestic and international publications, selected using keywords related to ovine reproduction and biotechnology, for the period 2007–2025 from the Academia.Edu, Link.Springer, Researchgate, Frontiersin, Sciencedirect, Google Scholar, Csirio Publish, MDPI, eLibrary, and Cyberleninka databases, identified promising areas for further research. It was found that artificial insemination, including the use of sexed semen (6×10^6 cells), can ensure fertilization rates of 65–80% or higher, provided that modern semen storage media are used, preserving the biological integrity of spermatozoa for up to 9 days. Hormonal synchronisation of estrous cycles using intravaginal progesterone implants (e.g., CIDR) demonstrates a 100% positive female response and high first-insemination efficiency. Embryo transfer (ET) is a key method for accelerated reproduction. The most promising is the *in vivo* multiple ovulation and embryo transfer (MOET) method, particularly with non-surgical transcervical embryo retrieval, which yields 7.1 embryos per session, double the efficiency of *in vitro* (3.6 embryos). Protocols have been developed that allow dilation of the cervix in sheep for 45 minutes for non-surgical transfer without detrimental effects on the embryos. Embryo bisection increases the number of viable embryos by 1.5 to 2 times. The integrated use of assisted reproductive technologies, including artificial insemination, hormonal synchronisation, *in vivo* MOET with non-surgical transcervical embryo transfer and bisection, will increase sheep milk production, meet the needs of the population, including those with cow's milk protein allergies, and enhance the genetic potential of the herd.

Keywords: embryo transfer; transcervical method; non-surgical embryo retrieval; embryo transfer.

Author Details: A. V. Brigida, Cand. Sc. (Vet.), leading research fellow, head of laboratory (e-mail: brigida_86@mail.ru); I. E. Pridanova, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow.

For citation: Brigida AV, Pridanova IE. [Biotechnological methods for accelerated reproduction of dairy sheep (review)]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2025;39(7):73–82. Russian. doi: 10.53859/02352451_2025_39_7_73

Современное животноводство сталкивается с задачей удовлетворения растущих потребностей населения в высококачественных продуктах питания. Однако эффективное наращивание объемов производства, в том числе мясомолочной продукции, тормозит недостаточное внедрение передовых технологических разработок [1]. Эта проблема особенно остро стоит для небольших фермерских хозяйств, где инновации играют ключевую роль в повышении производительности и снижении трудозатрат [2, 3, 4].

В России, где основным источником мясомолочной продукции традиционно выступает крупный рогатый скот,

молочное овцеводство занимает скромную долю рынка – около 0,1 %, что составляет не более 10 тыс. т в год. Это особенно удивительно, учитывая, что овечье молоко превосходит коровье и козье по содержанию жира и белка в 1,5...2,0 раза [5, 6]. Во всем мире овечье молоко ценят как деликатес, используемый для производства изысканных сыров (брынза, пекорино, рокфор, кефалотири, качокавалло), йогуртов и других продуктов. К тому же, овечье молоко обладает гипоаллергенными свойствами [7], что делает его ценным продуктом для обеспечения безопасности питания людей с непереносимостью коровьего молочного белка.

Производство овечьего молока представляет собой важную отрасль животноводства во многих странах. Крупнейшим производителем выступает Китай (12,2 % мирового объема), за которым следуют Греция (8,7 %), Румыния (7,2 %) и Италия (6,1 %) [8]. Молочное овцеводство демонстрирует высокую прибыльность, особенно в регионах с неблагоприятными климатическими условиями, где земли, малоприспособленные для других видов сельского хозяйства, успешно используют для разведения овец и производства молока.

Разнообразие молочных пород овец открывает широкие возможности для развития отрасли в различных климатических и экономических условиях. К числу наиболее продуктивных пород относят восточнофризскую (остфризскую), лакон, авасси и ассаф. По данным Г. Ф. В. Хенлейна, отмечают различия в удоях между породами: от самых низких показателей у корс (Франция) и делле ланге (Италия) (108 и 115 кг за лактацию соответственно) до самых высоких у восточнофризской (Германия) и авасси (Израиль) – 632 и 495 кг за лактацию соответственно, с выраженной вариабельностью внутри пород [9].

Восточнофризская порода, выведенная в Германии, признана одной из лучших молочных пород в мире. Овцы этой породы способны давать до 500...700 литров молока за лактацию с жирностью 6...7 % и содержанием белка 5 %, что ставит их в лидеры по молочной продуктивности среди овец. В отдельных случаях удой достигает более 1000 кг за лактацию. Однако, согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО), средняя продуктивность восточнофризских овец составляет 500 кг за лактацию (<https://dadis-breed-datasheet-ext-ws.firebaseio.com/?country=NLD&specie=Sheep&breed=Fries%20Melkschaap&lang=en>).

Наряду с восточнофризской, большой интерес представляет порода лакон (Lacaune), выведенная во Франции. Эта порода – одна из самых известных молочных пород овец в мире, доминирующая в производстве сыра рокфор. В среднем овцы породы лакон дают около 340 л молока за 170 дней лактации (<https://www.fao.org/dad-is/browse-by-country-and-species/ru/>).

Продуктивность восточнофризской породы в российских хозяйствах, как правило, уступает европейским показателям и не превышает 400 кг молока за лактацию. Основные факторы, определяющие низкие удои, а также ускоренное выбытие высокоудойных животных из стада, – недостаточная адаптация породы к климатическим условиям и особенностям кормовой базы. Продуктивность лакон в хозяйствах юга России при надлежащем содержании и кормлении достигает 400 литров за лактацию, с содержанием жира в молоке 6,5...8,0 % и белка 5,0...6,0 %. Эти результаты можно объяснить более высоким адаптационным потенциалом породы [10].

Улучшение условий содержания, применение передовых методов селекции и внедрение биотехнологических методов репродукции открывают возможности для повышения продуктивности животных, увеличения поголовья и, как следствие, наращивания объемов производства овечьего молока в России.

Применение вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) представляет собой эффективное решение для рационального использования генетического потенциала завезенного поголовья и ускоренного тиражирования ценных генотипов [11]. ВРТ позволяют регулировать сроки охота, повышать фертильность и увеличивать выход ягнят [12]. Кроме того, использование аборигенных

пород в качестве реципиентов способствует кратному увеличению поголовья высокопродуктивных животных.

Высокий репродуктивный потенциал овец, характеризующийся сотнями тысяч яйцеклеток у самок и десятками миллионов сперматозоидов у баранов, подчеркивает значимость биотехнологических методов для ускорения генетического прогресса. Несмотря на сезонность размножения у большинства пород, особую актуальность применение ВРТ приобретает в молочном овцеводстве, где повышению продуктивности стада уделяют особое внимание.

Цель исследования – обобщить имеющиеся данные о применении биотехнологических методов ускоренного воспроизводства овец молочного направления продуктивности для получения потомства, ускорения темпов селекционного процесса и, как следствие, повышения темпов генетического прогресса стада.

Условия, материалы и методы. Материалом для исследований служили статистические и аналитические данные, отраженные в отечественной и зарубежной литературе. В ходе исследования было проанализировано более 550 отечественных и зарубежных источников. Поиск проводили по следующим ключевым словам: «artificial insemination sheep», «embryo transfer sheep», «superovulation sheep», «dairy sheep reproduction», «ovine biotechnology» – в базах данных Academia.Edu, Link. Springer, Researchgate, Frontiersin, ScienceDirect, Google Scholar, Csiro Publish, MDPI, eLibrary и Cyberleninka за 2007–2025 гг., что позволило выявить перспективные направления дальнейших исследований, ориентированные на оценку эффективности биотехнологических методов ускоренного воспроизводства овец молочного направления продуктивности.

Результаты и обсуждение. В последнее десятилетие молочное овцеводство демонстрирует растущую популярность среди фермеров, занимающихся разведением мелкого рогатого скота по всему миру. Одной из ключевых задач, связанных с воспроизводством стада, выступает выбор методов, способных в кратчайшие сроки повысить генетический потенциал имеющегося поголовья. Этот процесс требует сохранения численности получаемого приплода и поддержания молочной продуктивности овец, которые зачастую коррелируют между собой [13].

Представленный обзор охватывает как стандартные вспомогательные репродуктивные технологии, включающие искусственное осеменение, создание криохранилищ спермы, методы стимуляции и синхронизации полового цикла, так и специализированные биотехнологические подходы, применяемые для решения конкретных задач: индукция суперовуляции и трансплантация эмбрионов, получение эмбрионов *in vitro* и их криоконсервация.

Искусственное осеменение овцематок при естественной половой охоте. Искусственное осеменение овцематок представляет собой один из наиболее простых, но часто применяемых биотехнологических методов ускоренного воспроизводства [14]. Этот метод хорошо зарекомендовал себя и активно используется в молочном овцеводстве, позволяя применять нативное семя баранов-производителей для оптимизации процесса оплодотворения самок [15]. Сперму у баранов-производителей отбирают двумя способами: с помощью электроэякулятора или искусственной вагины для мелких животных [16].

Используя сезонность воспроизводства у овец и масовый приход животных в половую охоту, искусственное осеменение становится существенным инструментом

повышения эффективности оплодотворения. В стадах применяют барана-пробника для выявления овцематок, готовых к коитусу и последующему оплодотворению [17], а также специализированные устройства для обнаружения течки у овец [18]. Тем не менее, при таком подходе к управлению стадом возникает проблема разницы в физиологическом состоянии овцематок. По данным Н. Дебуса и соавторов, временная разница в проявлении половой охоты у овцематок может быть обусловлена возрастом, степенью упитанности и молочной продуктивностью [19]. Это приводит к растягиванию окотов, появлению разновозрастных ягнят и снижению общего коэффициента фертильности овцематок [20].

Другим фактором, ограничивающим масштабное использование метода искусственного осеменения, выступает качество спермы баранов-производителей. Для осеменения применяют нативное, охлажденное и заморожено-оттаянное семя. Каждый из этих методов хранения обладает как преимуществами, так и недостатками. Нативная сперма быстро теряет подвижность при комнатной температуре и непригодна для использования в короткие сроки, а также не поддается длительной транспортировке без технологических обработок. Криоконсервация – единственный метод вспомогательной репродуктивной технологии, позволяющий использовать семя барана-производителя даже после его смерти. Глубокая заморозка обеспечивает долговременное хранение и транспортировку на дальние расстояния. Однако существенным недостатком метода выступает снижение подвижности сперматозоидов после криоконсервации в среднем на 50 %, по сравнению со свежееотобранной спермой [21]. В связи с этим исследователи активно ищут новые среды, позволяющие длительно хранить семя в охлажденном виде.

В работах С. М. Боруновой и соавторами сообщают о разработке и успешной практической апробации экспериментальной среды. Применение среды, состоящей из трис-цитратного буфера, лимонной кислоты, фруктозы и полигена с добавлением яичного желтка, витаминов С, Е и трегалозы 5мМ, позволяет осуществлять кратковременное хранение семени баранов-производителей, сохраняя биологическую полноценность сперматозоидов до девяти суток [22]. По данным А.-М. М. Айбазова и соавторов, среды для разбавления спермы овец также обеспечивают высокую оплодотворяемость – 65...80 % [23].

Несмотря на издержки производства молока и получения приплода, некоторые хозяйства, преимущественно позиционирующие себя как фермы, придерживающиеся агроэкологического принципа ведения животноводства, в управлении воспроизводством стада принципиально используют стратегию безгормонального регулирования половых процессов животных [24], отдавая предпочтение естественному повышению активности гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси у овец при введении в стадо баранов-производителей [19], или увеличению длительности светового дня, что также положительно влияет на активизацию полового цикла у овец [25].

Применение спермы баранов-производителей, разделенной по полу в искусственном осеменении овец. Регуляция пола будущего потомства приобретает важное значение в молочном овцеводстве. Поскольку молоко производят только самки, рождение баранчиков в стаде нежелательно. Следовательно, применение сексированного семени для оплодотворения самок выступает наиболее экономически целесообразным биотехнологическим методом ускоренного воспроизводства овец. Такой метод способствует ускорению генетического про-

гресса стада, позволяя направить весь маточный ресурс на производство ягнят нужного пола.

Эффективность искусственного осеменения сексированным семенем зависит от множества факторов. При организации осеменения овец сексированным семенем необходимо учитывать время осеменения и дозу вводимого эякулята [26]. Согласно исследованию С. Гонсалес-Марины и соавторов, применение заморожено-оттаянной дозы сексированного семени, содержащей 6×10^6 клеток, демонстрирует больший процент оплодотворения овцематок, по сравнению с нативной спермой в концентрации 2×10^6 клеток на одну дозу [27].

Для сохранения оплодотворяющей способности сексированного семени его необходимо хранить в охлажденном состоянии. Несмотря на это, результативность такого оплодотворения овцематок остается ниже, по сравнению с нативным. Сексированное семя целесообразнее использовать для получения эмбрионов методом *in vitro*, осуществляя экстракорпоральное оплодотворение яйцеклеток, полученных от овец-доноров ооцитов. Повышение результативности осеменения овец требует разработки новых протоколов гормональной регуляции половых циклов, обеспечивающих более точное искусственное осеменение с максимальным результатом.

Помимо этого, высокое значение для получения сексированного семени с высокой фертильностью имеет предварительная подготовка барана-производителя путем корректировки рациона кормления [28]. Этот технологический прием также важен при заборе семени вне сезона размножения овец, поскольку, по данным некоторых исследователей, качество спермопродукции баранов-производителей может меняться в зависимости от времени года [21, 29].

На фоне успешного применения технологии проточной цитометрии на семени крупного рогатого скота, ее использование для разделения по полу спермы баранов-производителей к большому успеху не привело, в отличие от другого метода, успешно примененного еще более пятидесяти лет назад при делении эякулята, полученного от человека [30]. Разделение нативного семени по полу с использованием бычьего сывороточного альбумина (BSA) хорошо зарекомендовало себя как метод сексирования семени баранов-производителей [31]. Несмотря на достигнутые результаты, метод сексирования семени барана требует инновационного подхода и разработки принципиально новых технологий, сохраняющих не только целостность структур сперматозоидов, но и их оплодотворяющую способность на уровне исходного нативного биологического материала.

Применение гормональных препаратов для индуцирования половой охоты у овцематок. Естественная случка овец, растянутая на 1,5...2 месяца, приводит к неравномерному ягнению и трудностям в выращивании разновозрастного молодняка, что негативно сказывается на воспроизводстве стада. Даже при длительном периоде случки (35...45 дней) один ценный баран-производитель покрывает не более 200...300 маток за сезон (например, в племязаводах Ставропольского края в 2020 г. – около 350 овец) [32]. Синхронизация половой охоты у овец выступает важным инструментом современного овцеводства, обеспечивающим ряд преимуществ и способствующим повышению эффективности производства.

Для регуляции половых циклов у самок мелкого рогатого скота применяют различные гормональные схемы, приводящие их в половую охоту в требуемое время и преодолевающие сезонность воспроизводства. Гормональные препараты используют целенаправленно

для получения раннего приплода, а также для синхронизации большого числа самок с целью организации фронтального осеменения и тутового окота в стаде [33]. Синхронизация половых циклов также позволяет планировать нагрузки на баранов-производителей во время естественной случки и на оператора при искусственном осеменении [34]. Кроме того, важной задачей остается обеспечение равномерного производства молока овцеводческими фермами на протяжении всего года.

Наиболее часто применяемые препараты для синхронизации половых циклов у овец – интравагинальные прогестероновые имплантаты [35]. Согласно результатам исследований А. Флейша с соавторами, после применения таких имплантатов успешно оплодотворились 97,2 % уже ягнившихся ранее дойных овец против 94,4 % животных с естественным приходом в половую охоту. В этом же исследовании продемонстрировано, что у более молодых овец, впервые подвергнутых естественной случке, результат успешного оплодотворения с последующим ягнением составил лишь 69,4 %, что снизило общую эффективность оплодотворения стада минимум на 25,0 % [25]. По данным Н. Ф. Хуснетдиновой и Б. С. Иолчиева, применение прогестеронового интравагинального имплантата CIDR (controlled internal drug release) в схеме синхронизации половых циклов достигает 100 % положительного реакционного ответа самок и способствует высокому проценту оплодотворения после искусственного осеменения [36].

Совместное применение методов синхронизации половых циклов у овцематок и искусственного осеменения значительно упрощает управление поголовьем. Оно позволяет контролировать введение в репродуктивные органы самки заблаговременно отобранного биологического материала барана-производителя, превосходящего своих сородичей по зоотехническим характеристикам. Это обеспечивает безусловное повышение темпов генетического прогресса в молочных стадах и его контроль при учете родительского разнообразия. Применение гормонотерапии перед искусственным осеменением также повышает процент эффективности первого осеменения овец и позволяет синхронизировать особей разных возрастов, что при естественном эструсе животных случается редко [37].

Развитие технологии трансплантации эмбрионов у овец. Технология трансплантации эмбрионов (ТТЭ) выступает одним из главных биотехнологических методов ускоренного воспроизводства сельскохозяйственных животных [38]. На овцах ее успешно применяют как традиционным методом (вызывание суперовуляторной реакции яичников и искусственное осеменение овец-доноров эмбрионов), так и с использованием методов экстракорпорального оплодотворения (*in vitro*), то есть оплодотворения яйцеклеток вне организма животного [39]. Особую актуальность технология приобретает при отборе в качестве доноров эмбрионов выдающихся животных. Стимулирование генеративной функции яичников таких животных позволяет увеличить объемы получаемого ценного генетического материала. При использовании местного, низкопродуктивного аборигенного скота в качестве реципиентов, возможно эффективное использование репродуктивного потенциала трансплантантов с высокой генетической ценностью и нужной для селекции породой.

Согласно данным Дж. Х. М. Виана, в 2022 г. в мире создано 2113036 эмбрионов от всех видов сельскохозяйственных животных. При этом 95 % (2011610 шт.) биологически полноценных эмбрионов создано от крупного

рогатого скота, тогда как от овец – лишь 42261 эмбрион (2,0 % от общего числа). Оставшиеся 3,0 % составили эмбрионы лошадей, коз, оленей, буйволов, верблюдовых и свиней [40].

Среди методов, составляющих основу ТТЭ в овцеводстве, особое место занимает метод МОЭТ (метод множественной овуляции и эмбриотрансплантации). Он позволяет создавать биологически полноценные эмбрионы *in vivo* непосредственно из репродуктивных органов донора для последующей пересадки отобраным реципиентам [41, 42]. Мировая статистика, представленная Дж. Х. М. Вианом в 2023 г., подтверждает, что из всех биологически полноценных эмбрионов, собранных от овец за 2021 г., 98,5 % получены с использованием традиционной технологии *in vivo*. Такая тенденция обусловлена тем, что эффективность технологии *in vivo* в два раза превышает альтернативную *in vitro*, демонстрируя результативность на уровне 7,1 против 3,6 биологически полноценных эмбрионов за одну сессию работы с животным. Тем не менее, рост производства эмбрионов по технологии *in vitro* наблюдают ежегодно. Так, в период 2020–2021 гг. число полученных от овец эмбрионов увеличилось на 38,1 % по технологии *in vivo* и на 344,0 % – по технологии *in vitro* соответственно. При этом увеличение количества производимых по технологии *in vivo* эмбрионов в 2022 г., по сравнению с 2021 г., составило всего 3,1 %, а по технологии *in vitro* – 12,5 %. Несмотря на превалирующие процентные показатели роста производства эмбрионов по технологии *in vitro*, реальное число получаемых эмбрионов варьирует в пределах 660...700 шт., что значительно уступает 41500 эмбрионам, полученным методом МОЭТ [40].

Анализ данных, отраженных в отчете «Commercial Embryo Transfer Activity in Europe for 2023», подтверждает, что в европейском овцеводстве технология трансплантации эмбрионов главным образом базируется на методе *in vivo* (МОЭТ). В то время как *in vitro* технологии демонстрируют рост, основная доля жизнеспособных эмбрионов по-прежнему создают традиционным способом. В 2023 г. общее количество вымываний эмбрионов методом *in vivo* в Европе составило 4282, результатом которых стало создание 33332 биологически полноценных эмбрионов, в том числе 1745 – в России. Значительное количество экспортированных *in vitro* эмбрионов из ряда европейских стран свидетельствует об активном развитии этих технологий (Association of Embryo Technology in Europe, <https://www.aete.eu/publications/statistics/>).

В США ситуация несколько отличается. В 2023 г. в Соединенных Штатах Америки действовало 10 предприятий, занимающихся получением эмбрионов у овец. Основным производственным методом на этих предприятиях выступает *in vivo*, с общим количеством созданных эмбрионов – 14893 (по данным American Embryo Transfer Association) (<https://www.aeta.org/Resources/Survey-Data>).

Несмотря на текущие результаты по количественному превосходству эмбрионов, созданных методом *in vivo*, важно помнить, что в технологии трансплантации эмбрионов у сельскохозяйственных животных ключевое значение имеет получение максимального числа недорогих по себестоимости биологически полноценных эмбрионов, пригодных к дальнейшей пересадке [43]. Поэтому в ближайшей перспективе лидирующие позиции займет та технология, которая позволит получать не только большее число эмбрионов, но и более дешевые по себестоимости на единицу продукта, возможно, сопоставимые по цене со спермодозой.

Получение эмбрионов методом in vivo. Главным триггером развития технологии МОЭТ у овец преимущественно молочного направления продуктивности за последних 5 лет послужила разработка метода нехирургического (трансцервикального) извлечения эмбрионов из репродуктивного тракта донора. До этого извлечение эмбрионов у овец осуществляли только хирургическим путем, что представляло собой весьма проблематичную процедуру, требовавшую высокой квалификации специалиста-трансплантолога не только по извлечению эмбрионов, но и по проведению хирургических операций на брюшной полости животного, зачастую лактирующего в этот период [44]. Следовательно, хирургические разрезы должны выполняться не по белой линии живота или с левой стороны брюшной стенки, где расположен рубец, а исключительно с правой стороны, левее ареала молочных долей вымени, чтобы избежать повреждения молочных каналов и желез. У высокопродуктивных овец объем вымени и площадь его расположения зачастую больше, чем у низкопродуктивных животных, что усложняет доступ к рогам матки из-за топографии рассечения тканей.

Лапароскопический метод извлечения эмбрионов, будучи менее травматичным по технике исполнения, также требует предварительной голодной диеты для овец и введения анестезирующих препаратов. При этом существует вероятность образования спаек на рогах матки, послеоперационных травм и общего стресса для животного. В связи с этим метод трансцервикального извлечения эмбрионов из репродуктивного тракта овец выступает наиболее приемлемым при применении МОЭТ на овцах [45], исключая риск потенциальных послеоперационных осложнений, включая образование спаек в брюшной полости [46].

Сдерживающим фактором применения метода трансцервикального извлечения эмбрионов выступала невозможность полноценного раскрытия шейки матки у овец на долгий срок с помощью медикаментозного воздействия, а также анатомическая сложность структуры внутренней поверхности шейки матки. Применение общепринятых препаратов должного действия не обеспечивало результат, поэтому проводили исследования по комбинированию различных препаратов и способов их введения. Бразильские специалисты разработали протокол, позволяющий раскрыть шейку матки у овец сроком не более чем на 45 минут. Протокол включает внутримышечное введение 1 мг эстрадиолбензоата и внутривенное введение 37,5 мкг d-клопростенола (синтетический аналог PGF_{2α}) за 16 ч до планируемой трансцервикальной манипуляции. За 20 мин. до введения катетера в шейку матки внутривенно вводят 50 МЕ окситоцина, после чего немедленно внутривенно вводят 40 мг гиосцина-N-бутилбромида, внутримышечно – 5 г анальгина натрия и 1 мг/кг ацепромазина малеата [45]. Согласно результатам исследований Дж. Ф. Фонсека и соавторов, применение такого количества медикаментозных препаратов в ограниченный временной промежуток не оказывает пагубного влияния на морфологические и физиологические показатели извлекаемых эмбрионов у овец и может быть использовано без ограничений в протоколах ТТЭ [46]. Предыдущие протоколы трансцервикального извлечения эмбрионов демонстрировали значительную разницу в эффективности расширения шейки матки и зависели от породы овец-доноров [47]. При использовании овец породы дорпер в качестве доноров эмбрионов желаемый результат по раскрытию шейки матки достигают в 95 % случаев, тогда как у породы санта-инеса – не более 61 % [48].

По данным М. Э. Ф. Оливейра и соавторов, овцы породы морада нова успешно реагируют не только на препараты прогестеронового ряда для регуляции половых циклов, но и на вводимые фолликулостимулирующие препараты (ФСГ) гипофизарного происхождения. Авторы сообщают, что около 95,2 % участвовавших в эксперименте животных проявляли признаки половой охоты в строго запланированное время. После обработки препаратами, содержащими ФСГ, реакция яичников составила 60,0...86,2 % в зависимости от схемы гормональной стимуляции. Ультразвуковое исследование выявило, что количество желтых тел на поверхности яичников овец варьировало от $7,9 \pm 1,4$ до $12,3 \pm 1,7$ шт. в зависимости от схемы индукции суперовуляции. Применение нехирургического метода извлечения эмбрионов показало эффективность на уровне 86,2 % [49].

Согласно данным других бразильских исследователей А. М. Арриаса с соавторами, технологию нехирургического извлечения эмбрионов через репродуктивные органы молочных овец породы морада нова осуществляют с эффективностью 87,5 % извлечения имеющихся зародышей от числа зафиксированных при ультразвуковой визуализации желтых тел. При этом, средний выход качественных эмбрионов от одного донора может варьировать от 2,5 до 4,8 шт. за одну сессию гормональной стимуляции. А время проведения всей процедуры нехирургического вымывания эмбрионов от одной овцы в среднем составляет $32,6 \pm 1,3$ мин., что значительно меньше, в сравнении с хирургическими манипуляциями [50]. Также в литературе встречаются работы, свидетельствующие о более быстром ($24,7 \pm 2,0$ мин.) проведении манипуляций по извлечению эмбрионов трансцервикальным путем [46].

Получение эмбрионов методом in vitro. Аспирация ооцитов из фолликулов яичников живых животных методом OPU (Ovum Pick-up) – широко применяемая вспомогательная репродуктивная технология у крупных видов сельскохозяйственных животных. У мелких жвачных животных, в частности у овец, получение ооцитов трансвагинальным путем представляет собой сложную выполняемую процедуру из-за анатомических особенностей репродуктивных органов. У овец аспирацию ооцитов проводят под общим наркозом, в основном посредством срединевертебральной лапаротомии [51]. Хирургический способ отбора ооцитов может вызвать стресс у животного и привести к послеоперационным осложнениям.

Ооциты, полученные методом аспирации на ферме, транспортируют в лабораторию для последующего культивирования в криобирках со средой TCM 199, аэрированной 5 % CO₂ с минеральным маслом при температуре +38,5 °C [51].

Технология получения эмбрионов сельскохозяйственных животных включает работу не только с живым объектом (вымывание готовых эмбрионов или аспирация незрелых ооцитов), но и с биологическим материалом, отобранном на пунктах забоя в виде яичников, содержащих большое количество антральных фолликулов, каждый из которых содержит один незрелый ооцит [52]. Пока технология получения ооцитов аспирационным методом у овец не налажена в полной мере, яичники *post-mortem* с боенских пунктов служат важным источником для создания эмбрионов *in vitro* [53].

Транспортированные в лабораторные условия яичники от овец *post-mortem* позволяют извлечь незрелые ооциты. После культивирования они дозревают, избавляются от кумулюсных клеток, становятся готовыми к оплодотворению и дальнейшей трансформации в морулу и бластоцисту при условии успешного оплодотворения и

благоприятной среды для эмбрионального развития [54]. По данным Д. Н. Нгкоби и соавторов, ооциты, отобранные методом надреза яичника с бойного цеха, лучше проходят созревание и оплодотворение *in vitro*, чем ооциты, полученные методом аспирации. Это объясняется тем, что давление, создаваемое в игле при аспирации фолликулярной жидкости с ооцитом, повреждает целостность кумулюса, осложняя дальнейшее созревание половой клетки. Исследования последних лет показали, что добавление глутатиона в среду для культивирования повышает жизнеспособность ооцитов, экспрессию генов, связанных с их созреванием, антиоксидантной активностью и антиапоптотическими эффектами [55].

Ключевое различие при получении яичников *post-mortem* между крупным и мелким рогатым скотом заключается в сезонности: у овец процедура целесообразна лишь в период естественной репродукции, тогда как у коров – в течение всего года. Это объясняется сезонностью репродуктивной активности у большинства овец. Вне сезона размножения вероятность обнаружения на поверхности яичников, полученных после убоя, достаточного количества антральных фолликулов, содержащих пригодные для дальнейшего культивирования незрелые ооциты, значительно снижается или они вовсе отсутствуют. Такая особенность мелкого рогатого скота ограничивает полноценное использование этого биотехнологического метода на протяжении всего года, делая его успешным только в рамках естественного сезона репродукции овец. Исключением выступают полиэстричные породы овец.

Ооциты, полученные как методом аспирации, так и *post-mortem*, проходят идентичную процедуру созревания, оплодотворения и последующего культивирования при температуре +38,5 °C с 5 % насыщением CO₂ и 100 % влажностью в инкубаторе [56].

Созданные таким образом эмбрионы, наравне с эмбрионами, зачатыми в естественных условиях, успешно приживаются в репродуктивных органах овец-реципиентов и развиваются в полноценных ягнят, не имеющих дефектов, отличающих их от сверстников, рожденных после естественной случки.

Трансцервикальная пересадка эмбрионов овцам-реципиентам. Перенос эмбриона в репродуктивные органы реципиента завершает технологию трансплантации, а главным показателем эффективности эмбриотрансфера выступает результат – приживляемость пересаженных эмбрионов [57]. Долгое время пересадку, как и извлечение эмбрионов у овец, осуществляли хирургическим путем, используя методы лапаротомии или лапароскопии. Оба метода достаточно травматичны для животных, часто сопровождаются послеоперационными осложнениями, поэтому их применение ограничивалось относительно небольшим числом операций [54]. Ограничением развития технологии эмбриотрансфера длительное время служил травматизм высокопродуктивных овец-доноров, поскольку хирургическое создание эмбрионов от ценных особей сменялось отсутствием генетического материала для пересадки реципиентам из низкопродуктивного поголовья.

В то время как трансцервикальный метод пересадки эмбрионов у крупного рогатого скота широко используют во всем мире на протяжении многих десятилетий, нехирургическая эмбриотрансплантация у овец только в последние годы стала применимой на практике животноводческих хозяйств. Причиной массового коммерческого интереса овцеводческих ферм стало создание современных протоколов медикаментозного релаксационного воздействия на шейку матки овец, позволяющих доста-

точно продолжительное время открывать цервикальный канал для введения катетера с эмбрионом в тело матки.

На сегодняшний день разработано множество протоколов введения препаратов, стимулирующих раскрытие шейки матки у овец [47, 58, 59]. Для осуществления процедуры пересадки эмбрионов трансцервикально требуется значительно меньше времени, по сравнению с процедурой вымывания эмбрионов. Следовательно, протоколы для эмбриотрансфера могут быть успешно применены с минимальным количеством инъектированных препаратов. Это снижает не только медикаментозную нагрузку на животное, но и количество стрессовых ситуаций, связанных с введением препаратов.

Наиболее популярной схемой расширения шейки матки выступает схема, разработанная Бразильской сельскохозяйственной исследовательской корпорацией (EMBRAPA). Предложенный ими протокол включает внутримышечное введение за 16 ч до начала работы PGF2α в дозе 37,5 мкг и 1 мг эстрадиолбензоата. За 20 мин. до начала процедуры пересадки эмбрионов овцам-реципиентам необходимо внутривенное введение 50 МЕ окситоцина [60]. Этот протокол продемонстрировал свою эффективность во многих исследованиях, однако, результат открытия шейки матки после его применения варьировал от 63,0 % до 94,8 % случаев, при этом и время открытия канала шейки матки изменялось в зависимости от породы овец, достигая диапазона от 20 до 35 мин. [42].

Однако стоит отметить, что внимание специалистов по трансплантации эмбрионов направлено не только на увеличение числа вымываемых эмбрионов по программе МОЭТ и методов, повышающих их приживляемость у реципиентов нехирургическим способом. Оно также охватывает поиски и усовершенствование альтернативных биотехнологических методов, таких как бисекция эмбрионов. Значительный объем научной работы посвящен получению бисекционных (дэми) эмбрионов путем деления одного нативного биологически полноценного эмбриона пополам, как у крупного рогатого скота [61, 62], так и у овец [63]. Прежде всего, биотехнологический метод бисекции увеличивает число жизнеспособных эмбрионов, пригодных к пересадке, в 1,5...2,0 раза, а также позволяет получить монозиготных близнецов, демонстрирующих наиболее точные результаты в сравнительных экспериментах по кормлению, физиологии и других важных направлениях современной науки.

Выводы. Результаты анализа эффективности применения биотехнологических методов ускоренного воспроизводства овец молочного направления свидетельствуют о стабильном развитии и расширении использования вспомогательных репродуктивных технологий в овцеводстве. Благодаря успехам в разработке нехирургического трансцервикального метода извлечения и пересадки эмбрионов, можно ожидать, что эта технология будет широко применяться в ближайшем будущем в мировом овцеводстве, в том числе в Российской Федерации, способствуя повышению продуктивности и улучшению генетического потенциала стада.

Комплексное применение вспомогательных репродуктивных технологий открывает значительные перспективы для овцеводства, особенно в молочном секторе. Это будет способствовать увеличению производства сырья для обеспечения потребностей населения, в том числе людей с аллергией к белкам коровьего молока, расширению объемов производства молока для переработки, включая выпуск элитных сыров и йогуртов, а также росту числа высокопродуктивных животных, полученных на основе генетического материала от овец лучшей отечественной и зарубежной селекции.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа финансировалась за счет средств бюджета института. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было. Работа выполнена в рамках госзадания № 125042105311-7.

СОБЛЮЖДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Disruptive innovation in agriculture: Socio-cultural factors in technology adoption in the developing world / G. N. Curry, S. Nake, G. Koczberski, et al. // *Journal of Rural Studies*. 2021. Vol. 88. P. 422–431. doi: 10.1016/j.jrurstud.2021.07.022.
2. The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa / S. S. Meijer, D. Catacutan, O. C. Ajayi, et al. // *International Journal of Agricultural Sustainability*. 2015. Vol. 13. No. 1. P. 40–54. doi: 10.1080/14735903.2014.912493.
3. Transdisciplinary agricultural research in Lao PDR / G. Greenhalgh, S. A. Kim, S. Larson, et al. // *Journal of Rural Studies*. 2019. Vol. 72. P. 216–227. doi: 10.1016/j.jrurstud.2019.10.020.
4. Amare D., Darr D. Agroforestry adoption as a systems concept: A review // *Forest Policy and Economics*. 2020. Vol. 120. Article 102299. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389934120304615?via%3Dihub> (дата обращения: 11.04.2025). doi: 10.1016/j.forpol.2020.102299.
5. Физико-химические и технологические показатели молока овец восточно-фризской и романовской пород и их помесей / А. С. Шувариков, С. А. Хатамаев, О. Н. Пастух и др. // *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2021. № 1 С. 24–27. doi: 10.26897/2074-0840-2021-1-24-27.
6. Georgieva G., Banchewa T., Stoycheva S. Milk yield and physico-chemical composition of milk of Romanov sheep breed raised in the foot-hill areas of Bulgaria // *Scientific Papers-Series D-Animal Science*. 2024. Vol. 68. No. 2. P. 221–226.
7. Технология производства сыров на основе овечьего молока / Д. Ж. Ибраев, Г. Н. Жакупова, А. Х. Мулдашева и др. // *Механика и технологии*. 2021. № 1 (71). С. 43–49. doi: 10.55956/TEMY5202.
8. Haematological and blood biochemical parameters in Lacaune dairy sheep / I. Nedeva, T. Slavov, I. Varlyakov, et al. // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. Vol. 25. No. 1. P. 91–95.
9. Haenlein G. F. W. About the evolution of goat and sheep milk production. // *Small Rumin. Res.* 2007. Vol. 68. P. 3–6. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.021.
10. Имашова Д. Г., Алемсегова Г. К. Особенности и резервы развития молочного овцеводства республики Дагестан / *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2025. № 1 (171). С. 130–138.
11. The possibility of genetic evaluation of bovine embryos / A. Khatib, I. Rukin, K. Pantiukh, et al. // *Sys Rev Pharm.* 2019. Vol. 10. No. 1. P. 156–160.
12. Методы интенсификации воспроизводства в овцеводстве (обзор) / П. И. Христиановский, С. А. Платонов, Е. С. Медетов и др. // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022. № 3 (95). С. 259–263.
13. Slavova S., Laleva S. Economic values of productive and functional traits in sheep of Bulgarian dairy synthetic population // *Agricultural science and technology*. 2021. Vol. 13. No. 1. P. 99–104.
14. Technical recommendations for artificial insemination in sheep / A. E. Gibbons, J. Fernandez, M. M. Bruno-Galarraga, et al. // *Animal Reproduction*. 2019. Vol. 16. No. 4. P. 803–809. doi: 10.21451/1984-3143-AR2018-0129.
15. Inseminate without hormonal treatment in dairy sheep farms: Exploring the consequences on the sustainability of several contrasted production systems / E. Laclef, E. Gonzalez-Garcia, N. Debus, et al. // *Animal*. 2024. Vol. 18. No. 7. Article 101210. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731124001411?via%3Dihub> (дата обращения: 11.04.2025). doi: 10.1016/j.animal.2024.101210.
16. Spermatozoa cryopreservation: State of art and future in small ruminants / C. Lv, G. Wu, Q. Hong, et al. // *Biopreservation and Biobanking*. 2019. Vol. 17. P. 171–182. doi: 10.1089/bio.2018.011.
17. Organic breeding in Sarda ewes: Utilization of the ram effect in an artificial insemination program / I. Mayorga, R. Mourad, L. Mara, et al. // *Small Ruminant Research*. 2019. Vol. 174. P. 131–134. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.03.018.
18. Sexual behaviour in sheep is driven by body condition and the related nutritional and metabolic status / M. Alhamada, N. Debus, E. Gonzalez-Garcia, et al. // *Applied Animal Behaviour Science*. 2017. Vol. 191. P. 24–30. doi: 10.1016/j.applanim.2017.02.004.
19. High body condition score combined with a reduced lambing to ram introduction interval improves the short-term ovarian response of milking Lacaune ewes to the male effect / N. Debus, E. Laclef, A. Lurette, et al. // *Animal*. 2022. Vol. 16. No. 5. Article 100519. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731122000702> (дата обращения: 14.04.2025). doi: 10.1016/j.animal.2022.100519.
20. Modelling the long-term consequences of implementing hormone-free reproductive management on the sustainability of a dairy sheep farm / E. Laclef, N. Debus, P. Taillandier, et al. // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. Vol. 210. Article 107926. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169923003149> (дата обращения: 14.04.2025). doi: 10.1016/j.compag.2023.107926.
21. Мамонтова Т. В., Айбазов А.-М. М. Сравнительная оценка качественных параметров спермы баранов пород джалгинский и российский мясной мериносы в зависимости от сезона года // *Известия ТСХА*. 2020. Вып. 4. С. 81–90.
22. Краткосрочное гипотермическое хранение семени баранов-производителей / С. М. Борунова, Б. С. Иолчиев, П. Н. Абрамов и др. // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2023. № 10 (228). С. 60–65. doi: 10.53083/1996-4277-2023-228-10-60-65.
23. Айбазов М. М., Мамонтова Т. В., Сеитов М. С. Повышение результативности осеменения овец криоконсервированной спермой // *Сборник научных трудов всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства*. 2017. № 10. С. 28–34.
24. REPROsheep: A model that integrates individual variability to optimise hormone-free reproduction management strategies for a dairy sheep flock / E. Laclef, N. Debus, P. Taillandier, et al. // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021. Vol. 189. Article 106412. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169921004294> (дата обращения: 14.04.2025). doi: 10.1016/j.compag.2021.106412.
25. Reproductive performance of Lacaune dairy sheep exposed to artificial long days followed by natural photoperiod without and with additional progestagen treatment during the nonbreeding season / A. Fleisch, H. Bollwein, M. Piechotta, et al. // *Theriogenology*. 2015. Vol. 83. No. 3. P. 320–325. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.06.031.
26. The effect of insemination time and sperm dose on pregnancy rate using sex-sorted ram sperm / K. H. Beilby, C. G. Grupen, P. C. Thomson, et al. // *Theriogenology*. 2009. Vol. 71. P. 829–835. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.10.005.
27. Small ruminant SexedULTRA™ sperm sex-sorting: Status report and recent developments / C. Gonzalez-Marin, C. E. Gongora, J. F. Moreno, et al. // *Theriogenology*. 2021. Vol. 162. P. 67–73. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.12.028.
28. Effects of dietary flaxseed oil and ascorbic acid on the reproductive performance of South African indigenous sheep / J. N. Ngcobo, T. L. Nedambale, K. A. Nephawe, et al. // *Ruminants*. 2023. Vol. 3. P. 9–24. doi: 10.3390/ruminants3010002.
29. Seasonal variations in semen parameters of Zulu rams preserved at 10 Celsius degrees for 72 h during breeding and non-breeding

- season / J. N. Ngcobo, K. A. Nephawe, A. Maqhashu, et al. // *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 2020. Vol. 15. No. 3. P. 226–239. doi: 10.3844/ajavsp.2020.226.239.
30. Ericsson R. J., Langevin C. N., Nishino M. Isolation of fractions rich in human Y sperm // *Nature*. 1973. Vol. 246. P. 421–424.
31. Solihati N., Rasad S. D., Hilmi N. The longevity of sexed sperm after sexing with several combination of bovine serum albumin (BSA) concentration // *Advances in Biological Sciences Research*. 2022. Vol. 20. P. 141–144. doi: 10.2991/absr.k.220309.029.
32. Итоги и перспективы применения вспомогательных репродуктивных технологий в воспроизводстве мелких жвачных / А.-М. А. Айбазов, Т. В. Мамонтова, И. Г. Сердюков и др. // *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2022. № 2. С. 8–14.
33. Carta A., Casu S., Salaris S. Invited review: Current state of genetic improvement in dairy sheep // *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. No. 12. P. 5814–5833. doi: 10.3168/jds.2009-2479.
34. Martinez-Ros P., Gonzalez-Bulnes A. Efficiency of Cidr-Based Protocols Including GnRH Inst, eCG for estrus synchronization in sheep // *Animals*. 2019. Vol. 9. Article 146. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/4/146> (дата обращения: 14.04.2025). doi: 10.3390/ani9040146.
35. Seventy years of progestagen treatments for management of the sheep oestrous cycle: Where we are and where we should go / A. Gonzalez-Bulnes, A. Menchaca, G. B. Martin, et al. // *Reproduction, Fertility and Development*. 2020. Vol. 32. No. 5. P. 441–452. doi: 10.1071/RD18477.
36. Хуснетдинова Н. Ф., Иполчиев Б. С. Синхронизация полового цикла ярок для регуляции окота // *Генетика и разведение животных*. 2023. № 3. С. 61–66. doi: 10.31043/2410-2733-2023-3-61-66.
37. Vers une maîtrise de la reproduction sans hormones chez les petits ruminants / M.-T. Pellicer-Rubio, K. Boissard, J. Grizelj, et al. // *INRAE production animals*. 2019. Vol. 32. No. 1. P. 51–66. doi: 10.20870/productions-animales.2019.32.1.2436.
38. Скачкова О. А., Бригида А. В. Повышение эффективности метода МОЭТ в программах селекции крупного рогатого скота // *Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии*. 2021. Т. 10. № 1. С. 129–132.
39. Embryo transfer in sheep (*Ovis aries*), efficient and consistent framework in superovulation treatment / P. Diaz-Pumara, G. Iorio, D. Blanco, et al. // *International Journal of Biosensors & Bioelectronics*. 2024. Vol. 9. No. 1. P. 17–22. doi: 10.15406/ijbsbe.2024.09.00238.
40. Viana J. H. M. 2022 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals // *Embryo Technology Newsletter*. 2023. Vol. 41. No. 4. P. 1–25. URL: https://www.iets.org/Portals/0/Documents/Public/Committees/DRC/IETS_Data_Retrieval_Report_2022.pdf (дата обращения: 04.10.2025).
41. In vitro embryo production in small ruminants: What is still missing? / J. M. G. Souza-Fabjan, G. R. Leal, C. A. S. Monteiro, et al. // *Animal Reproduction*. 2023. Vol. 20. No. 3. Article e20230055. URL: <https://www.scielo.br/jar/a/ND8Twdmmzx7p7x4sN3C95cx/?lang=en> (дата обращения: 15.04.2025). doi: 10.1590/1984-3143-AR2023-0055.
42. Pregnancy rate after fixed-time transfer of cryopreserved embryos collected by non-surgical route in Lacaune sheep / L. M. Figueira, N. G. Alves, R. I. T. P. Batista, et al. // *Reproduction in Domestic Animals*. 2019. Vol. 54. No. 1. P. 1493–1496. doi: 10.1111/rda.13550.
43. Анализ эффективности применения аналогов ГнРГ в протоколе суперовуляции коров-доноров / Д. А. Кнуров, А. В. Бригида, Д. В. Иванова и др. // *Ветеринария и кормление*. 2022. № 5. С. 21–23. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6.
44. Transcervical uterine flushing and embryo transfer in sheep: Morphophysiological basis for approaches currently used, major challenges, potential improvements, and new directions (alas, including some old ideas) / J. D. Goncalves, J. H. Dias, M. Machado-Neves, et al. // *Reproductive Biology*. 2024. Vol. 24. No. 3. Article 100920. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1642431X24000664> (дата обращения: 15.04.2025). doi: 10.1016/j.repbio.2024.100920.
45. Preovulatory follicular dynamics, ovulatory response and embryo yield in Lacaune ewes subjected to synchronous estrus induction protocols and non-surgical embryo recovery / L. M. Figueira, N. G. Alves, J. M. G. Souza-Fabjan, et al. // *Theriogenology*. 2020. Vol. 145. P. 238–246. doi: 10.1016/j.theriogenology.2019.11.004.
46. Combined treatment with oestradiol benzoate, d-cloprostenol and oxytocin permits cervical dilation and nonsurgical embryo recovery in ewes / J. F. Fonseca, F. N. Zambrini, J. D. Guimaraes, et al. // *Reproduction in Domestic Animals*. 2019. Vol. 54. No. 1. P. 118–125. doi: 10.1111/rda.13318.
47. Bartlewski P. M., Candappa I. B. R. Assessing the usefulness of prostaglandin E2 (Cervidil®) for transcervical artificial insemination (TCAI) in ewes // *Theriogenology*. 2015. Vol. 84. P. 1594–1602. doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.08.007.
48. Cervical penetration rates and efficiency of non-surgical embryo recovery in estrous-synchronized Santa Ines ewes after administration of estradiol ester (benzoate or cypionate) in combination with d-cloprostenol and oxytocin / J. F. Fonseca, F. N. Zambrini, J. D. Guimaraes, et al. // *Animal Reproduction Science*. 2019. Vol. 203. P. 25–32. doi: 10.1016/j.anireprosci.2019.02.004.
49. A study of the factors affecting embryo yields and quality in superovulated Morada Nova ewes that underwent non-surgical uterine flushing / M. E. F. Oliveira, A. M. Arrais, M. R. Bourg de Mello, et al. // *Reproduction in Domestic Animals*. 2022. Vol. 57. No. 4. P. 393–401. doi: 10.1111/rda.14077.
50. Non-surgical embryo recovery from estrus-synchronized or superovulated morada nova ewes: A feasible strategy for sheep embryo banking / A. M. Arrais, M. R. Bourg de Mello, G. B. Vergani, et al. // *Biopreservation and Biobanking*. 2021. Vol. 19. No. 5. URL: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/bio.2020.0125> (дата обращения: 11.04.2025). doi: 10.1089/bio.2020.0125.
51. In vitro embryo production in sheep: Pregnancy after long periods of oocyte and embryo transport / M. C. Max, G. M. G. Santos, F. A. Melo-Sterza, et al. // *Small Ruminant Research*. 2012. Vol. 105. P. 286–289. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.03.004.
52. Скачкова О. А., Бригида А. В. Выживаемость эмбрионов и повышение темпов генетического прогресса в молочных стадах (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56. № 6. С. 1063–1078. doi: 10.15389/agrobiology.2021.6.1063rus.
53. In vitro embryo production from ewes at different physiological stages / A. Lorenzo-Torres, R. Rangel-Santos, A. Ruiz-Flores et al. // *Journal of veterinary science*. 2022. Vol. 23. No. 6. Article e10. URL: <https://vetsci.org/DOIx.php?id=10.4142/jvs.22168> (дата обращения: 15.04.2025). doi: 10.4142/jvs.22168.
54. Use of IVF and ET in Mexican Criollo Sheep (*Ovis aries*): Immediate and Delayed Embryo Transfers / J. E. H. Pichardo, F. Ortiz, J. L. Rodriguez, et al. // *Advances in Reproductive Sciences*. 2016. Vol. 4. P. 8–16. doi: 10.4236/arsci.2016.41002.
55. Effect of exogenous glutathione supplementation on the in vitro developmental competence of ovine oocytes / J. Ren, Y. Hao, Z. Liu, et al. // *Theriogenology*. 2021. Vol. 173. No. 1. P. 144–155. doi: 10.1016/j.theriogenology.2021.07.025.
56. Бригида А. В., Сорокин В. И., Ковальчук С. Н. Оценка применения устройства для аппликации эмбрионов крупного рогатого скота при эмбриотрансфере // *Ветеринария и кормление*. 2018. № 3. С. 27–29. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-3-9.
57. Влияние гормональных схем синхронизации телок-реципиентов на приживляемость заморожено-оттаянных эмбрионов / Д. А. Кнуров, А. В. Бригида, О. А. Скачкова и др. // *Ветеринария и кормление*. 2022. № 2. С. 30–32. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-2-8.
58. Use of oxytocin to attain cervical dilation for transcervical embryo transfer in sheep / V. M. B. Santos, P. H. N. Pinto, M. F. A. Balara, et al. // *Reproduction in Domestic Animals*. 2020. Vol. 55. P. 1446–1454. doi: 10.1111/rda.13795.
59. Effects of different doses of estradiol benzoate used in a cervical relaxation protocol on the success of non-surgical embryo recovery and luteal function in superovulated ewes / J. H. Dias, J. D. Goncalves, A. M. Arrais, et al. // *Domestic Animal Endocrinology*. 2023. Vol. 82. Article 106751. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073972402200042X?via%3Dihub> (дата обращения: 16.04.2025). doi: 10.1016/j.domaniend.2022.106751.
60. Non-surgical embryo recovery and transfer in sheep and goats / J. F. Fonseca, J. M. G. Souza-Fabjan, M. E. F. Oliveira, et al. //

Theriogenology. 2016. Vol. 86. P. 144–151. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.025.

61. Бригида А. В., Скачкова О. А. Генетический аспект применения дэми-эмбрионов крупного рогатого скота // Ветеринария и кормление. 2020. № 6. С. 4–6. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-6-1.

62. Бригида А. В., Скачкова О. А., Ковальчук С. Н. Сравнительная оценка эффективности приживляемости интактных и бисекционных эмбрионов после трансплантации телкам-реципиентам // Ветеринария и кормление. 2020. № 3. С. 4–7. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-1.

63. Demi-embryo reconstitution, a factor to consider for the success of embryo bisection. Review / A. Lorenzo-Torres, R. Rangel-Santos, A. Ruiz-Flores, et al. // Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 2022. Vol. 13. No. 2. P. 473–487. doi: 10.22319/rmcp.v13i2.5922.

References

- Curry GN, Nake S, Koczberski G, et al. Disruptive innovation in agriculture: Socio-cultural factors in technology adoption in the developing world. *J Rural Stud.* 2021;88:422-31. doi: 10.1016/j.jrurstud.2021.07.022.
- Meijer SS, Catacutan D, Ajayi OC, et al. The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *Int J Agric Sustain.* 2015;13(1):40-54. doi: 10.1080/14735903.2014.912493.
- Greenhalgh G, Kim SA, Larson S, et al. Transdisciplinary agricultural research in Lao PDR. *J Rural Stud.* 2019;72:216-27. doi: 10.1016/j.jrurstud.2019.10.020.
- Amare D, Darr D. Agroforestry adoption as a systems concept: A review. *Forest Policy and Economics [Internet].* 2020 [cited 2025 Apr 11];120: Article 102299. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389934120304615?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.forpol.2020.102299.
- Shuvarikov AS, Khataev SA, Pastukh ON, et al. [Physico-chemical and technological indicators of milk of East Friesian and Romanov breeds of sheep and their crosses]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo.* 2021;(1):24-7. Russian. doi: 10.26897/2074-0840-2021-1-24-27.
- Georgieva G, Bancheva T, Stoycheva S. Milk yield and physico-chemical composition of milk of romanov sheep breed raised in the foot-hill areas of Bulgaria. *Sci Pap-Ser D-Anim Sci.* 2024;68(2):221-6.
- Ibraev DZh, Zhakupova GN, Muldasheva AH, et al. [Technology of cheese production based on sheep milk]. *Mekhanika i tekhnologii.* 2021;(1):43-9. Russian. doi: 10.55956/TEMY5202.
- Nedeva I, Slavov T, Varlyakov I, et al. Haematological and blood biochemical parameters in Lacaune dairy sheep. *Bulg J Agric Sci.* 2019;25(1):91-5.
- Haenlein GFW. About the evolution of goat and sheep milk production. *Small Rumin. Res.* 2007;68:3-6. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.021.
- Imashova DG, Alemsetova GK. [Features and reserves of dairy sheep breeding development of the Republic of Dagestan]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki.* 2025;(1):130-8. Russian.
- Khatib A, Rukin I, Pantiukh K, et al. The possibility of genetic evaluation of bovine embryos. *Sys Rev Pharm.* 2019;10(1):156-60.
- Khristianovskii PI, Platonov SA, Medetov ES, et al. [Methods of reproduction intensification in the sheep breeding (review)]. *Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta.* 2022;(3):259-63. Russian.
- Slavova S, Laleva S. Economic values of productive and functional traits in sheep of Bulgarian dairy synthetic population. *Agricultural science and technology.* 2021;13(1):99-104.
- Gibbons AE, Fernandez J, Bruno-Galarraga MM, et al. Technical recommendations for artificial insemination in sheep. *Anim Reprod.* 2019;16(4):803-9. doi: 10.21451/1984-3143-AR2018-0129.
- Laclef E, Gonzalez-Garcia E, Debus N, et al. Inseminate without hormonal treatment in dairy sheep farms: exploring the consequences on the sustainability of several contrasted production systems. *Animal [Internet].* 2024 [cited 2025 Apr 11];18(7): Article 101210. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731124001411?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.animal.2024.101210.
- Lv C, Wu G, Hong Q, et al. Spermatozoa cryopreservation: State of art and future in small ruminants. *Biopreservation Biobanking.* 2019;17:171-82. doi: 10.1089/bio.2018.011.
- Mayorga I, Mourad R, Mara L, et al. Organic breeding in Sarda ewes: Utilization of the ram effect in an artificial insemination program. *Small Rumin Res.* 2019;174:131-4. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.03.018.
- Alhamada M, Debus N, Gonzalez-Garcia E, et al. Sexual behaviour in sheep is driven by body condition and the related nutritional and metabolic status. *Appl Anim Behav Sci.* 2017;191:24-30. doi: 10.1016/j.applanim.2017.02.004.
- Debus N, Laclef E, Lurette A, et al. High body condition score combined with a reduced lambing to ram introduction interval improves the short-term ovarian response of milking Lacaune ewes to the male effect. *Animal [Internet].* 2022 [cited 2025 Apr 14];16(5): Article 100519. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731122000702>. doi: 10.1016/j.animal.2022.100519.
- Laclef E, Debus N, Taillandier P, et al. Modelling the long-term consequences of implementing hormone-free reproductive management on the sustainability of a dairy sheep farm. *Comput Electron Agric [Internet].* 2023 [cited 2025 Apr 14];210: Article 107926. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169923003149>. doi: 10.1016/j.compag.2023.107926.
- Mamontova TV, Aibazov A-MM. [Comparative evaluation of the qualitative parameters of rams sperm of the Dzhalginsky and Russian Meat Merino breeds depending on the season of the year]. *Izvestiya TSKhA.* 2020;(4):81-90. Russian.
- Borunova SM, Iolchiyev BS, Abramov PN, et al. [Short-term hypothermic storage of ram semen]. *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agramogo Universiteta.* 2023;(10):60-5. Russian. doi: 10.53083/1996-4277-2023-228-10-60-65.
- Aibazov A-MM, Mamontova TV, Seitov MS. [Increasing the efficiency of sheep insemination with cryopreserved sperm]. *Sbornik nauchnykh trudov vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva.* 2017;(10):28-34. Russian.
- Laclef E, Debus N, Taillandier P, et al. REPROsheep: A model that integrates individual variability to optimise hormone-free reproduction management strategies for a dairy sheep flock. *Comput Electron Agric [Internet].* 2021 [cited 2025 Apr 14];189: Article 106412. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169921004294>. doi: 10.1016/j.compag.2021.106412.
- Fleisch A, Bollwein H, Piechotta M, et al. Reproductive performance of Lacaune dairy sheep exposed to artificial long days followed by natural photoperiod without and with additional progestagen treatment during the nonbreeding season. *Theriogenology.* 2015;83(3):320-5. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.06.031.
- Beilby KH, Grupen CG, Thomson PC, et al. The effect of insemination time and sperm dose on pregnancy rate using sex-sorted ram sperm. *Theriogenology.* 2009;71:829-35. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.10.005.
- Gonzalez-Marin C, Gongora CE, Moreno JF, et al. Small ruminant SexedULTRA™ sperm sex-sorting: Status report and recent developments. *Theriogenology.* 2021;162:67-73. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.12.028.
- Ngcobo JN, Nedambale TL, Nephawe KA, et al. Effects of dietary flaxseed oil and ascorbic acid on the reproductive performance of South African indigenous sheep. *Ruminants.* 2023;3:9-24. doi: 10.3390/ruminants3010002.
- Ngcobo JN, Nephawe KA, Maqhashu A, et al. Seasonal variations in semen parameters of zulu rams preserved at 10 Celsius degrees for 72 h during breeding and non-breeding season. *Am J Anim Vet Sci.* 2020;15(3):226-39. doi: 10.3844/ajavsp.2020.226.239.
- Ericsson RJ, Langevin CN, Nishino M. Isolation of fractions rich in human Y sperm. *Nature.* 1973;246:421-4.
- Solihati N, Rasad SD, Hilmi N. The longevity of sexed sperm after sexing with several combination of bovine serum albumin (BSA) concentration. *Advances in Biological Sciences Research.* 2022;20:141-4. doi: 10.2991/absr.k.220309.029.

32. Aibazov A-MM, Mamontova TV, Serdyukov IG, et al. [Results and perspectives of application of assisted reproductive technologies in the reproduction of small ruminants]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo*. 2022;(2):8-14. Russian.
33. Carta A, Casu S, Salaris S. Invited review: Current state of genetic improvement in dairy sheep. *J Dairy Sci*. 2009;92(12):5814-33. doi: 10.3168/jds.2009-2479.
34. Martinez-Ros P, Gonzalez-Bulnes A. Efficiency of Cidr-Based Protocols Including GnRh Inst, ecg for estrus synchronization in sheep. *Animals* [Internet]. 2019 [cited 2025 Apr 14];4: Article 146. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/4/146>. doi: 10.3390/Ani9040146.
35. Gonzalez-Bulnes A, Menchaca A, Martin GB, et al. Seventy years of progestagen treatments for management of the sheep oestrous cycle: Where we are and where we should go. *Reprod Fertil Dev*. 2020;32(5):441-52. doi: 10.1071/RD18477.
36. Khusnetdinova NF, Iolchiyev BS. [Synchronization of the sexual cycle of lambs for regulation of lambing]. *Genetika i razvedeniye zhivotnykh*. 2023;(3):61-6. Russian. doi: 10.31043/2410-2733-2023-3-61-66.
37. Pellicer-Rubio M-T, Boissard K, Grizelj J, et al. Vers une maîtrise de la reproduction sans hormones chez les petits ruminants. *INRAE Prod Anim*. 2019;32(1):51-66. French. doi: 10.20870/productions-animales.2019.32.1.2436.
38. Skachkova OA, Brigida AV. [Improving the efficiency of MOET in breeding programs of cattle]. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootehnii i veterinarii*. 2021;10(1):129-32. Russian.
39. Diaz-Pumara P, Iorio G, Blanco D, et al. Embryo transfer in sheep (*Ovis aries*), efficient and consistent framework in superovulation treatment. *Int J Biosensors Bioelectron*. 2024;9(1):17-22. doi: 10.15406/ijbsbe.2024.09.00238.
40. Viana JHM. 2022 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter* [Internet]. 2023 [cited 2025 Oct 4];41(4):1-25. Available from: https://www.iets.org/Portals/0/Documents/Public/Committees/DRC/IETS_Data_Retrieval_Report_2022.pdf.
41. Souza-Fabjan JMG, Leal GR, Monteiro CAS, et al. In vitro embryo production in small ruminants: What is still missing? *Anim Reprod* [Internet]. 2023 [cited 2025 Apr 15];20(3): Article e20230055. Available from: <https://www.scielo.br/j/ar/a/ND8Twdmmzx7p7x4sN3C95cx/?lang=en>. doi: 10.1590/1984-3143-AR2023-0055.
42. Figueira LM, Alves NG, Batista RITP, et al. Pregnancy rate after fixed-time transfer of cryopreserved embryos collected by non-surgical route in Lacaune sheep. *Reprod Domest Animal*. 2019;54(1):1493-6. doi: 10.1111/rda.13550.
43. Knurov DA, Brigida AV, Ivanova DV, et al. [Analysis of the effectiveness of the use of GnRH analogues in the superovulation protocol of donor cows]. *Veterinariya i kormleniye*. 2022;(5):21-3. Russian. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6.
44. Goncalves JD, Dias JH, Machado-Neves M, et al. Transcervical uterine flushing and embryo transfer in sheep: Morphophysiological basis for approaches currently used, major challenges, potential improvements, and new directions (alas, including some old ideas). *Reprod Biol* [Internet]. 2024 [cited 2025 Apr 15];24(3): Article 100920. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1642431X24000664>. doi: 10.1016/j.repbio.2024.100920.
45. Figueira LM, Alves NG, Souza-Fabjan JMG, et al. Preovulatory follicular dynamics, ovulatory response and embryo yield in Lacaune ewes subjected to synchronous estrus induction protocols and non-surgical embryo recovery. *Theriogenology*. 2020;145:238-46. doi: 10.1016/j.theriogenology.2019.11.004.
46. Fonseca JF, Zambrini FN, Guimaraes JD, et al. Combined treatment with oestradiol benzoate, d-cloprostenol and oxytocin permits cervical dilation and nonsurgical embryo recovery in ewes. *Reprod Domest Animal*. 2019;54(1):118-25. doi: 10.1111/rda.13318.
47. Bartlewski PM, Candappa IBR. Assessing the usefulness of prostaglandin E2 (Cervidil®) for transcervical artificial insemination (TCAI) in ewes. *Theriogenology*. 2015;84:1594-602. doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.08.007.
48. Fonseca JF, Zambrini FN, Guimarães JD, et al. Cervical penetration rates and efficiency of non-surgical embryo recovery in estrous-synchronized Santa Inês ewes after administration of estradiol ester (benzoate or cypionate) in combination with d-cloprostenol and oxytocin. *Anim Reprod Sci*. 2019;203:25-32. doi: 10.1016/j.anireprosci.2019.02.004.
49. Oliveira MEF, Arrais AM, Bourg de Mello MR, et al. A study of the factors affecting embryo yields and quality in superovulated Morada Nova ewes that underwent non-surgical uterine flushing. *Reprod Domest Animal*. 2022;57(4):393-401. doi: 10.1111/rda.14077.
50. Arrais AM, Bourg de Mello MR, Vergani GB, et al. Non-surgical embryo recovery from estrus-synchronized or superovulated morada nova ewes: A feasible strategy for sheep embryo banking. *Biopreservation and Biobanking* [Internet]. 2021 [cited 2025 Apr 11];19(5). Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/bio.2020.0125>. doi: 10.1089/bio.2020.0125.
51. Max MC, Santos GMG, Melo-Sterza FA, et al. In vitro embryo production in sheep: Pregnancy after long periods of oocyte and embryo transport. *Small Rumin Res*. 2012;105:286-9. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.03.004.
52. Skachkova OA, Brigida AV. [Survival rate of embryos and increase of genetic progress tempos in dairy herds (Review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya Biologiya*. 2021;56(6):1063-78. Russian. doi: 10.15389/agrobiologiya.2021.6.1063rus.
53. Lorenzo-Torres A, Rangel-Santos R, Ruiz-Flores A, et al. In vitro embryo production from ewes at different physiological stages. *J. Vet. Sci* [Internet]. 2022 [cited 2025 Apr 15];23(6): Article e10. Available from: <https://vetsci.org/DOLx.php?id=10.4142/jvs.22168>. doi: 10.4142/jvs.22168.
54. Pichardo JEH, Ortiz F, Rodriguez JL, et al. Use of IVF and ET in Mexican criollo sheep (*Ovis aries*): Immediate and delayed embryo transfers. *Adv Reprod Sci*. 2016;4:8-16. doi: 10.4236/arsci.2016.41002.
55. Ren J, Hao Y, Liu Z, et al. Effect of exogenous glutathione supplementation on the in vitro developmental competence of ovine oocytes. *Theriogenology*. 2021;173(1):144-55. doi: 10.1016/j.theriogenology.2021.07.025.
56. Brigida AV, Sorokin VI, Koval'chuk SN. [Evaluation of the use of a device for applying bovine embryos during embryo transfer]. *Veterinariya i kormleniye*. 2018;(3):27-9. Russian. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-3-9.
57. Knurov DA, Brigida AV, Skachkova OA, et al. [Influence of hormonal schemes of synchronization of heifer recipients on the survival rate of frozen-thawed embryos]. *Veterinariya i kormleniye*. 2022;(2):30-2. Russian. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-2-8.
58. Santos VMB, Pinto PHN, Balara MFA, et al. Use of oxytocin to attain cervical dilation for transcervical embryo transfer in sheep. *Reprod Domest Animal*. 2020;55:1446-54. doi: 10.1111/rda.13795.
59. Dias JH, Gonçalves JD, Arrais AM, et al. Effects of different doses of estradiol benzoate used in a cervical relaxation protocol on the success of non-surgical embryo recovery and luteal function in superovulated ewes. *Domest Anim Endocrinol* [Internet]. 2023 [cited 2025 Apr 16];82: Article 106751. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073972402200042X?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.domaniend.2022.106751.
60. Fonseca JF, Souza-Fabjan JMG, Oliveira MEF, et al. Non-surgical embryo recovery and transfer in sheep and goats. *Theriogenology*. 2016;86:144-51. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.025.
61. Brigida AV, Skachkova OA. [Genetic aspect of demi-embryo use in cattle]. *Veterinariya i kormleniye*. 2020;(6):4-6. Russian. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-6-1.
62. Brigida AV, Skachkova OA, Koval'chuk SN. [Comparative assessment of the effectiveness of survival of intact and bisectional embryos after transplantation to heifer recipients]. *Veterinariya i kormleniye*. 2020;(3):4-7. Russian. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-1.
63. Lorenzo-Torres A, Rangel-Santos R, Ruiz-Flores A, et al. Demi-embryo reconstitution, a factor to consider for the success of embryo bisection. *Review. Rev Mex Cienc Pecu*. 2022;13(2):473-87. doi: 10.22319/rmcp.v1.

Поступила в редакцию 09.06.2025 После доработки 30.06.2025 Принята к публикации 23.07.2025