

Алексеева А. Ю.¹, Хомченко Л. Э.¹

Фолликулярные волны у самок крупного рогатого скота (обзор)

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет**Рекомендации для цитирования:**

Алексеева А. Ю. Фолликулярные волны у самок крупного рогатого скота (обзор) / А. Ю. Алексеева, Л. Э. Хомченко // Генетика и разведение животных. — 2025. — № 4. — С. 84–95. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-4-84-95>

For citation:

Alekseeva A. Follicular waves in female cattle / A. Alekseeva, L. Homchenko // Genetics and animal breeding. — 2025. — № 4. — P. 84–95. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-4-84-95>

Поступила в редакцию: 11.11.2025.

Received: 11.11.2025.

© Alekseeva A., Homchenko L., 2025

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interest.

Введение. В последние десятилетия в скотоводстве страны сложилась неблагоприятная ситуация с воспроизводством крупного рогатого скота. Наряду с общим падением численности поголовья, вызванной, в первую очередь, объективными экономическими причинами, снижаются и важнейшие параметры воспроизводства коров, такие как оплодотворяемость [1, 2].

Для улучшения ситуации с воспроизводством, наряду с изменением многих организационных, технологических, кормовых и других мер, представляется критически важным получение современных знаний о биологии размножения крупного рогатого скота. Комплексное исследование естественной регуляции половой функции коров, знание нейроэндокринного механизма и особенностей нейрогуморальной регуляции могут стать основой для улучшения биотехнологических способов и приемов направленного регулирования воспроизводительной функции самок.

Использование знаний о фолликулярных вол-

Аннотация.

Цель: изучение и обобщение данных отечественных и зарубежных авторов о механизмах возникновения фолликулярных волн у самок крупного рогатого скота, цикличности их проявления, влияния на них различных факторов.

Созревание фолликулов внутри полового цикла у самок крупного рогатого скота происходит волнообразно. Методами ультразвуковой диагностики и взятия крови на уровень эстрадиола было установлено, что в половом цикле крупного рогатого скота образуется от одной до четырех фолликулярных волн в течение эстрального цикла. Фолликулярные волны состоят из групп растущих фолликулов диаметром ≥ 4 мм, из которых выбирается доминирующий фолликул, в то время как остальные фолликулы подвергаются атрезии. Если доминантный фолликул во время волны достигает максимального размера (>10 мм), происходит овуляция – цикл становится двухволновым, если же не достигает – тогда начинается другая волна, если во время нее фолликул достигнет максимального размера – цикл становится трехволновым. Кратность возникновения фолликулярных волн оказывает влияние на длительность полового цикла – трехволновые циклы длиннее двухволновых. Использование знаний о фолликулярных волнах имеет особое значение в практических целях, поскольку в перспективе позволит улучшить показатели воспроизводства крупного рогатого скота за счет усовершенствования подходов к подбору оптимальной схемы синхронизации половой охоты животных, снижения затрат на осеменение и повышения его эффективности.

Ключевые слова: фолликулярные волны; фолликулогенез; фолликул; самки крупного рогатого скота; половой цикл.

нах имеет особое значение в практических целях при использовании различных схем синхронизации половой охоты. Так, до сих пор использование схем синхронизации полового цикла на телках вызывает затруднения в большинстве животноводческих предприятий. Знание кратности возникновения фолликулярных волн у самок в конкретном хозяйстве позволит подобрать оптимальную схему синхронизации полового цикла.

Цель: изучение и обобщение данных отечественных и зарубежных авторов о механизмах возникновения фолликулярных волн у самок крупного рогатого скота, цикличности их проявления, влияния на них различных факторов.

Половой цикл и фолликулогенез.

Половой цикл самок крупного рогатого скота – это сложный процесс, который сопровождается комплексом морфофизиологических изменений в половых органах, а также во всем организме и контролируется нейрогуморальными механизмами [3, 4]. Клинический половой цикл является

поведенческой реакцией самки, ориентированной на обеспечение своевременного осеменения и оплодотворения [5]. Благодаря развитию современных технологий, появилась возможность более углубленно исследовать процессы, происходящие во время полового цикла самки. Открытие метода ультразвуковой диагностики и его использование для изучения природы созревания фолликулов предоставили новые сведения об особенностях фолликулогенеза животных и человека.

Процесс фолликулогенеза у млекопитающих включает в себя следующие стадии: 1) формирование пула растущих фолликулов; 2) базальный рост (рост до стадии антрального фолликула); 3) селекция и созревание доминантного фолликула; 4) овуляция доминантного фолликула [6–9].

Рост яйцеклеток и фолликулов — два взаимосвязанных процесса. Клетки гранулезы активно влияют на рост яйцеклетки, обеспечивая ее множеством биологически активных веществ. Со своей стороны, яйцеклетка контролирует пролиферацию, морфогенез и дифференцировку гранулезных клеток [10]. У крупного рогатого скота во время фазы роста ооциты увеличиваются в диаметре с 20 мкм до 130 мкм, фолликулы — с 40 мкм до 8,5 мм (перед овуляцией) [11].

Вступление примордиальных фолликулов в фазу роста происходит на протяжении всей репродуктивной жизни самки и характеризуется превращением уплощенных клеток прегранулезной зоны в единый слой кубовидных гранулезных клеток. На данной стадии фолликул называется первичным. Механизмы, ответственные за инициацию роста фолликулов, в настоящее время изучены недостаточно [11, 12]. Активное деление и увеличение количества гранулезных клеток обуславливает дальнейшее развитие первичного фолликула. Яйцеклетки таких фолликулов становятся окруженными несколькими слоями гранулезных клеток. На данной стадии развития фолликулы называются вторичными [11]. У крупного рогатого скота фолликулам требуется около 180 дней для того, чтобы вырасти с 0,1 мм до овуляторной стадии [13].

Для развивающегося фолликула возможны три исхода: 1) овуляция; 2) атрезия; 3) лютеинизация. Механизм овуляции обусловлен воздействием лютеинизирующего гормона на гранулезу и внутреннюю теку фолликула. Лютеинизирующий гормон способствует прекращению синтеза эстрогенов и нарастанию синтеза прогестерона. Под влиянием последнего, из клеток стенки фолликула высвобождается коллагеназа, которая разрушает коллагеновые волокна стенки фолликула и в месте наименьшего сопротивления происходит разрыв стенки фолликула [14].

Атрезия — это процесс деградации растущего фолликула. Посредством атрезии происходит саморегуляция численности фолликулов, а также создаются оптимальные условия для роста доминантного фолликула на заключительном этапе фолликулогенеза. В результате атрезии из нескольких тысяч первичных фолликулов, одновременно вышедших из латентного состояния, 150–200 достигают фазы вторичного фолликула, а к началу преовуляторной фазы в яичнике коровы их остается всего несколько десятков. За всю жизнь коровы овулирует около 50 фолликулов, что составляет всего лишь 0,002 % от общего числа примордиальных фолликулов, находящихся в яичниках [15].

Функциональная деятельность воспроизводительной системы самок характеризуется ярко выраженной периодичностью, то есть протекает ритмично (циклично). Эти биологически важные, периодически повторяющиеся явления называются половым циклом.

Гормональная регуляция полового цикла.

Вызревание фолликулов внутри полового цикла происходит не линейно, а волнообразно. Впервые теория фолликулярных волн была выдвинута в 80-х годах XX века и с тех пор детально изучалась, по большей части, зарубежными учеными. У крупного рогатого скота волны фолликулярной активности характеризуются процессами рекрутирования, отбора и доминирования [16–18].

Ключевыми гормонами эндокринной регуляции возникновения фолликулярных волн являются гонадотропин-рилизинг-гормон (ГнРГ), фолликулостимулирующий гормон (ФСГ) и лютеинизирующий гормон (ЛГ). Гонадотропин выделяется гипоталамусом и связывается с рецептором ГнРГ на поверхности гонадотропных клеток передней доли гипофиза, стимулируя синтез и высвобождение ФСГ и ЛГ. Данные гормоны связываются со своими рецепторами на фолликулярных клетках и индуцируют процессы пролиферации и дифференцировки [11]. Образуемые в ходе этих физиологических процессов половые стероиды по принципам обратной связи с участием кинесина контролируют секрецию ГнРГ [19, 20].

Гонадальные гормоны, участвующие в регуляции полового цикла, вырабатываются в яичниках: фолликулярный гормон (фолликулин, фолликулостерон) и гормон желтого тела (прогестерон, лютеогормон). Фолликулярный гормон, образующийся в созревающих фолликулах, называют эстрогенным, так как он вызывает течку (эструс) у животных. Известны три вида эстрогенов: эстрон, эстрадиол и эстриол. Наиболее активный фолликулярный гормон — эстрадиол [21].

К настоящему времени установлено, что гормон гипофиза пролактин, наряду с фолликулостимулирующими и лютеинизирующими гормонами, выполняет гонадотропную функцию и участвует в процессах фолликулогенеза и оогенеза [22–25]. Рецепторы этого гормона или его мРНК выявлены в ооцитах и сопряженных с ними клетках кумулюса у различных видов млекопитающих, включая коров [24–28]. Также существует теория о том, что пролактин тормозит действие гонадотропных гормонов, в связи с чем циклы получаются ановуляторными, однако такой эффект доказан только при наличии желтого тела [29].

Ранее считалось, что повышение концентрации пролактина в крови лактирующих коров приводит к снижению их фертильности [25, 30, 31]. Однако ряд ученых подтверждает обратное — эффективность осеменения не зависит от продуктивности коров [32–35]. Так, Решетникова Н. М. и др. в своих исследованиях установили, что «...молочная продуктивность не влияет на развитие доминантных фолликулов, овуляцию и формирование желтых тел, — оплодотворяемость ооцитов и выживаемость эмбрионов была на одном уровне без статистической разницы и составила 81–84 % и 73–76 %, соответственно» [32].

Фолликулярные волны.

Методами ультразвуковой диагностики и взятия крови на уровень эстрадиола было установлено, что в половом цикле крупного рогатого скота образуется от одной до четырех фолликулярных волн в течение эстрального цикла [11, 18, 36–47]. Обычно наблюдается две или три фолликулярные волны, реже встречаются одна и четыре волны [44–50].

Детально рассматривая образование и цикличность волн, Ginther O. J. и др. (1989) пришли к выводу, что фолликулярные волны состоят из групп растущих фолликулов диаметром ≥ 4 мм, из которых выбирается доминирующий фолликул, в то время как остальные фолликулы подвергаются атрезии [11, 38].

Mihm M. и Bleach E. C. (2003) отмечают, что цикличность фолликулярных волн и отбор доминантного фолликула основаны на избирательной реакции фолликулостимулирующего гормона и лютеинизирующего гормона [51]. Adams G. P. и др. (1994) заключили, что активность фолликулостимулирующего гормона в крови вызывает появление фолликулярной волны. Но во время роста доминантного фолликула эстрадиол, выделяемый этим фолликулом, снижает концентрацию фолликулостимулирующего гормона. Таким образом, доминантный фолликул — это фолликул, который первым приобретает рецепторы лютеинизирующего гормона. В то время как

остальные фолликулы, которым еще требуется фолликулостимулирующий гормон для поддержания роста, подвергаются атрезии [52, 53].

Airin C. M. и др. (2014) выяснили, что уровень содержания гормона 17- β эстрадиола в крови коров в течение полового цикла не одинаков и претерпевает изменения в зависимости от этапа фолликулярной волны. В этих исследованиях самый высокий уровень гормона эстрадиола 17- β ($107,77 \pm 55,94$ пг/мл) у коров наблюдался на 7–10 дни эстрального цикла и сопровождался ростом диаметра фолликулов до $10,5 \pm 0,38$ мм [54, 55]. Это связано с тем, что по мере увеличения размеров фолликула он сам начинает вырабатывать достаточное количество эстрадиола. Однако при проведении этих исследований не учитывалась сколько фолликулярных волн наблюдалось у исследуемых животных.

Кратность возникновения фолликулярных волн связана с тем, в какую фазу произойдет селекция и рост доминантного фолликула. Если фолликулярная волна совпадает по времени с лютеальной фазой, то вследствие ингибирующего действия прогестерона, который активно синтезирует желтое тело, передняя доля гипофиза выделяет недостаточное количество ФСГ и ЛГ для дальнейшего роста фолликула и овуляции, что приводит к регрессии доминантного фолликула [56]. Увеличение продолжительности жизни желтого тела всего на 2–3 дня приводит к регрессии доминантного фолликула текущей волны и появлению фолликула следующей волны [57].

Если фолликулярная волна происходит в фазу регрессии желтого тела — доминантный фолликул продолжает свой рост и становится способным к овуляции [38]. На процесс регрессии желтого тела оказывает влияние концентрация простагландина F_{2a} в крови — к концу полового цикла она увеличивается. Эти вещества секретируются тканями матки и через кровеносную систему яичников оказывают влияние на кровоснабжение желтых тел [14].

Таким образом, когда доминантный фолликул во время волны достигает минимального размера >10 мм, происходит овуляция — цикл становится двухволновым (рис. 1), если же не достигает — тогда начинается другая волна, если во время нее фолликул достигнет необходимого размера для овуляции — цикл становится трехволновым (рис. 2) [37].

По данным Townson D. H. и соавт. (2002), длительность лютеиновой фазы у коров с тремя волнами фолликулярного развития была короче ($17,6 \pm 0,4$ дней, $P < 0,05$), чем у коров с двумя волнами ($19,3 \pm 0,6$ дней, $P < 0,05$). В своих исследованиях они установили, что короткая продол-

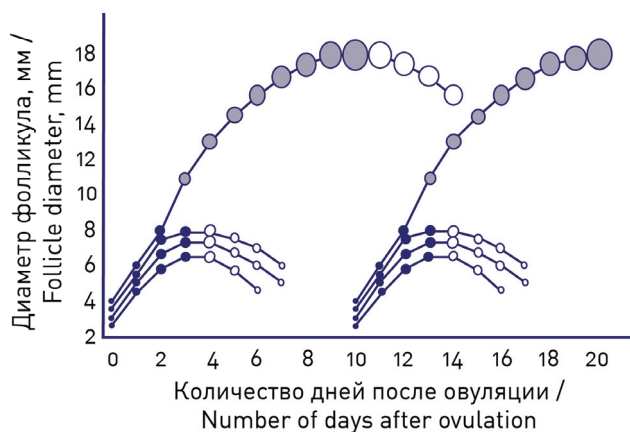


Рис. 1. Схематичное изображение двухволнового фолликулогенеза у самок крупного рогатого скота.

Fig. 1. Schematic representation of two-wave folliculogenesis in female cattle.

жительностью лютеальной фазы у коров с тремя волнами фолликулярного развития обуславливает их высокую фертильность по сравнению с коровами, у которых регистрировалось две волны фолликулогенеза [57].

Revah and Butler (1996) предполагают, что благоприятное влияние на фертильность лактирующих коров оказывает овуляция фолликула третьей волны, поскольку он растет в течение меньшего количества дней и, таким образом, позволяет избежать пагубного воздействия на яйцеклетку длительного периода фолликулярного развития [58].

Townson D. H. и соавт. (2002) при изучении фертильности коров, имеющих двухволновый и трехволновый циклы фолликулогенеза, установили, что увеличение в размерах доминантного фолликула происходит в течение более длительного периода времени у коров с двумя волнами, чем у самок, имеющих три волны созревания фолликула. Соответственно, диаметр овулирующего фолликула при трехволновом цикле был меньше, чем при двухволновом. Тем не менее, возраст овуляторного фолликула не влиял на частоту наступления стельности у коров с двумя и тремя волнами в половом цикле. Так, при двухволновом цикле у коров, не ставших стельными, возраст доминантного фолликула составил $6,3 \pm 0,1$ дня, в то время как у стельных — $7,0 \pm 0,1$ дней ($P > 0,05$). Аналогичная закономерность была выявлена у коров, имеющих трехволновый цикл, — возраст доминантного фолликула у нестельных коров составил $5,8 \pm 0,1$ дней, в то время как у стельных — $5,0 \pm 0,1$ дней ($P > 0,05$) [57].

Размер овуляторного фолликула и гормональная среда, при которой он растет, имеет большое значение для эффективного оплодотворения [37, 38, 44, 52]. Вместе с тем, при изучении литературы по данной теме, обнаружилась двойствен-

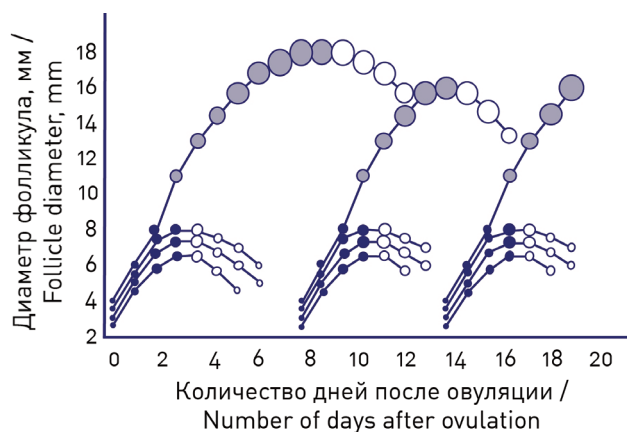


Рис. 2. Схематичное изображение трехволнового фолликулогенеза у самок крупного рогатого скота.

Fig. 2. Schematic representation of three-wave folliculogenesis in female cattle.

ность суждений. Так, Fortune J. E. считал, что небольшой диаметр фолликула (11–17 мм) приводил к снижению эффективности оплодотворения у молочных коров, что было связано с низким уровнем эстрадиола в день осеменения [37].

Однако Ретгу и др. (2005) считают, что в мясном скотоводстве фертильность не зависит от размера овуляторного фолликула у коров со спонтанной овуляцией [59]. Townson D. H. и соавт. (2002) не выявили достоверного влияния длительности полового цикла, скорости роста и диаметра овуляторного фолликула на частоту наступления стельности ни у двух-, ни у трехволновых коров [57].

Возможно, разнящиеся данные связаны с направлением продуктивности крупного рогатого скота или с особенностями проведения искусственного осеменения (по естественной охоте или по схеме синхронизации) [37].

Некоторые источники (Noseir, W. M. 2003 и др.) указывают на то, что существует вероятность влияния на кратность возникновения фолликулярных волн генетической предрасположенности и некоторых факторов условий содержания. При этом генетическая предрасположенность стабилизирует возникновение волн роста фолликулов, тогда как условия содержания могут влиять на появление двух или трех фолликулярных волн в течении одного полового цикла [37, 50, 57].

Sartori R. и др. (2004) отмечают, что трехволновые половые циклы более свойственны мясному скоту, тогда как высокопродуктивным молочным коровам больше присущи двухволновые циклы [47].

Ряд авторов утверждает, что количество фолликулярных волн напрямую влияет на продолжительность полового цикла — трехволновые циклы длиннее двухволновых [37, 38, 45, 47–49, 60, 61]. Так, по данным Sartori R. (2002), при

двух волнах роста фолликулов продолжительность полового цикла составляет 18–23 дня, тогда как при трех-четырех волнах роста — 21–24 и более дней [36, 47]. С. П. Перерядкина с соавт. (2018) установили, что у мясных коров пород шевроле, казахская белоголовая и герефорд продолжительность полового цикла изменялась в связи с количеством фолликулярных волн: при одной фолликулярной волне его длительность составляла 19 суток, при двух — 21 сутки, при трех — 24 суток, при четырех волнах фолликулогенеза — 28 суток [62]. Кроме этого, временной интервал от обнаружения доминантного фолликула до овуляции и продолжительность доминирования были короче у животных с тремя фолликулярными волнами [16, 34, 35]. Однако, по данным Гавриченко Н. И. и Левченков А. А. (2021), у коров черно-пестрой породы белорусской селекции без патологий репродуктивной системы длительность полового цикла не зависела от кратности возникновения фолликулярных волн [63].

Ряд ученых установил, что сроки и длительность волн роста фолликулов в каждой волне различны. При наличии двух волн фолликулярного роста первая начинается в интервале между датой овуляции [64] и 3–4 сутками полового цикла [65] и заканчивается, по данным М. G. Murphy с соавт. (1991) на 9–10 сутки, по данным Кузьмича Р.Г. с соавт. (2022) на 10–12 сутки, по данным S.A. Hamilton с соавт. (1995) и А. Г. Нежданова (2003) — на 11–14 сутки полового цикла [64–67].

При наличии трех волн фолликулярного роста, по данным М. G. Murphy с соавт. (1991), вторая волна начинается на 8–9 сутки, а третья — на 16–17 сутки, а по данным Н. И. Гавриченко и Л. Н. Турчановой (2014) — на 7 и 14 сутки полового цикла [64, 68].

Гормональная синхронизация полового цикла так же оказывает влияние на течение фолликулогенеза. Чинаров Р. Ю. с соавт. (2023) установили, что фаза роста фолликулов у лактирующих коров тагильской породы, подвергнувшихся гормональной синхронизации полового цикла, наблюдается до 3–4 суток индуцированной фолликулярной волны, затем происходит выделение доминантного фолликула [56, 69].

Различные патологии репродуктивной системы приводят к нарушению процесса фолликулогенеза. Гавриченко Н. И., Левченков А. А. (2021) в результате исследования особенностей фолликулярного развития у здоровых коров и животных с синдромом повторения половой охоты, а также различными патологиями репродуктивной системы (эндометрит, задержка последа и др.) установили, что при наличии в анамнезе коров перечис-

ленных заболеваний наблюдаются существенные сдвиги в динамике фолликулярного роста как при двух, так и при трех волнах фолликулярного развития. У коров с синдромом повторения половой охоты без патологических морфологических изменений половых органов существенных сдвигов в динамике развития фолликулов в сравнении со здоровыми животными не выявлено [63].

Каплунов В. Р. и Гавриченко Н. И. (2023) анализировали динамику развития фолликулов у коров черно-пестрой породы в зависимости от их стрессоустойчивости. В результате исследования было установлено, что две волны фолликулярного роста имели 40 % коров с высокой устойчивостью к стрессу, 100 % — со средней и 80 % — с низкой. Длина полового цикла у коров данных групп составила $21,5 \pm 0,9$, $18 \pm 0,0$ и $21,8 \pm 0,8$ дней. Коровы, имеющие три волны фолликулярного роста, имели более продолжительный половой цикл ($21,7 \pm 1,2$ и $23,7 \pm 0,8$ дня).

У коров с разным типом стрессоустойчивости наблюдались различия в размерах первого доминантного ановуляторного и первого субдоминантного ановуляторного фолликула, а также в продолжительности каждой из волн роста фолликулов. Наибольший размер фолликулов был у стрессоустойчивых коров, у животных с низкой стрессоустойчивостью была зафиксирована укороченная длина первой волны роста фолликулов, вторая волна значительно увеличивалась по времени ($P < 0,05$) [70].

Закключение. Настоящий обзор посвящен обобщению и анализу результатов научных исследований, рассматривающих механизмы возникновения и нейрогуморальной регуляции фолликулярных волн у самок крупного рогатого скота, а также влияния на них различных факторов. Исследования отечественных и зарубежных ученых свидетельствуют о том, что созревание фолликулов в организме самки происходит волнообразно. В течение одного полового цикла может наблюдаться от одной до четырех волн фолликулогенеза. Чаще всего у самок крупного рогатого скота было зафиксировано две или три фолликулярных волны.

Кратность возникновения фолликулярных волн связана с фазой полового цикла, а также концентрацией гормонов в крови в момент селекции и роста доминантного фолликула.

Количество фолликулярных волн у самок влияет на продолжительность их полового цикла — у коров с тремя волнами половой цикл более длительный, чем у коров с двумя волнами фолликулогенеза. Фертильность коров зависит от кратности возникновения фолликулярных волн — овуляция фолликула третьей волны достоверно чаще приводила к наступлению стельности у самок.

Некоторые источники указывают на то, что существует вероятность влияния на кратность возникновения фолликулярных волн генетической предрасположенности и некоторых факторов условий содержания. При этом генетическая предрасположенность стабилизирует возникновение волн роста фолликулов, тогда как условия содержания могут влиять на появление двух или трех фолликулярных волн в течении одного полового цикла.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на углубленное изучение механизмов, управляющих фолликулярными волнами, а так-

же разработке практической технологии определения кратности фолликулярных волн, основанной на измерении концентрации гормонов в различные дни полового цикла и контроль фолликулогенеза методами УЗИ-диагностики.

В перспективе использование знаний о фолликулярных волнах в практических целях позволит улучшить показатели воспроизводства крупного рогатого скота за счет усовершенствования подходов к подбору оптимальной схемы синхронизации половой охоты животных, снижения затрат на осеменение и повышения его эффективности.

Литература

1. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах РФ (2023 год). — М.: Издательство ФГБНУ ВНИИплем, 2024. — 243 с.
2. Высокие показатели воспроизводства — будущее вашего хозяйства! // Эффективное животноводство. — 2019. — № 1 (149). — С. 12–13.
3. Мотузко Н.С. Физиология гипоталамо-гипофизарно-оваральной системы / Н. С. Мотузко, Ю. И. Никитин / Учебно-методическое пособие. — Витебск: ВГАВМ, 2002. — 15 с.
4. Платонов С. А. Воспроизводительная способность коров и телок при использовании ультрадисперсных частиц диоксида кремния в индукции полового цикла : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.02.10 / Платонов С. А.; [Место защиты: ФГБНУ «ФНЦ биол. систем и агротехнологий РАН»]. — Оренбург, 2020. — 17 с.
5. Белик С. В. Современное представление о половом цикле коров и его регуляции / С. В. Белик, Н. М. Лозовой // Актуальные вопросы ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарной экспертизы и зоотехнии : Тезисы по материалам круглого стола представителей Воронежского ГАУ, управлений ветеринарии по Липецкой, Воронежской и Тамбовской обл., комитета ветеринарии по Тульской обл., Воронеж, 11 ноября 2022 года. — Воронеж: Воронежский ГАУ им. Императора Петра I, 2022. — С. 19–21. EDN WHMHCC.
6. Boiarskiĭ K. Iu. Folliculogenesis: from antral stage to ovulation (a review) / K. Iu. Boiarskiĭ, S.N. Gaĭdukov // Problemy reprodukcii. — 2010. — № 5. — P. 13–23.
7. Baerwald A. R. Ovarian antral folliculogenesis during the human menstrual cycle: a review / A. R. Baerwald, G. P. Adams, R. A. Pierson et al. // Hum. Reprod. Update. — 2012. — № 18. — P. 73–91.
8. Erickson G. The role of the oocyte in folliculogenesis / G. Erickson, S. Shimasaki // Trends Endocrinol. Metab. — 2000; 11 (5). — P. 193–198.
9. Роль окситоцина и окситоциновых рецепторов в регуляции репродуктивных функций и фолликулогенеза / Е. А. Тепляшина, О. Л. Лопатина и др. // Сибирский медицинский журнал. — 2013. — Т. 123. — № 8. — С. 21–26. EDN SBPPNH.
10. Picton H. M. Oogenesis in mammals. in Encyclopedia Reproduction, ed. by E. Knobil and J. D. Neill / H. M. Picton, R. G. Gosden // Academic Press. — 1998. — №3. — 488–497.
11. Kanitz W. Comparative aspects of follicular development, follicular and oocyte maturation and ovulation in cattle and pigs / W. Kanitz, K. P. Brüssow et al. // Achieves of Animal Breeding. — 2001. — № 44 (Special issue). — P. 9–23.
12. Webb R. Factors affecting folliculogenesis in ruminants / R. Webb, R. G. Gosden et al. // Animal Science. — 1999. — № 68. — P. 257–284.
13. Campbell B. K. Control of antral follicle development and selection in sheep and cattle / B. K. Campbell, R. J. Scaramuzi, R. Webb // J. Reprod. Fertil. Suppl. — 1995. — № 49. — P. 335–350.
14. Анзоров В. А. Репродуктивный статус и гормональный профиль коров хозяйств РФ / В. А. Анзоров, С. В. Морякина. — Монография. Издательство ЧГУ. Грозный. — 156 с.
15. Полянцев Н. И. Ветеринарное акушерство, гинекология и биотехника размножения: Учебник. — СПб.: Издательство "Лань", 2015. — 480 с.: ил.
16. Driancourt M. A. Follicular dynamics in sheep and cattle / M. A. Driancourt // Theriogenology. — 1991. — № 35. — P. 55–79.
17. Mihm M. Regulation of follicle wave growth in cattle / M. Mihm, M. G. Diskin, J. F. Roche // Reprod. Dom. Anim. — 1996. — № 31. — P. 531–538.
18. Elkamash I. The Use of Ultrasound for Monitoring the Relationship Between the Diameter of the Dominant Follicle, The Inter-ovulatory Interval, and Follicular Waves in Dairy Cattle / I. Elkamash, M. Said et al. // AJVS. — 2023. — № 78(1). — P. 83–88.
19. Ширяев Г. В. Репродуктивная функция коров (*Bos Taurus*) под влиянием различных кисспептинов (обзор) / Г. В. Ширяев, А. О. Притужалова, Г. С. Никитин, Е. В. Никиткина, А. А. Мусидрай, А. Ю. Алексеева // Сельскохозяйственная биология. — 2023. — Т. 58. — № 6. — С. 974–989.

20. Ширяев Г. В. Концентрация ксипептина, 17 β -эстрадиола, прогестерона и кортизола в первый триместр стельности коров / Г. В. Ширяев, А. О. Притужалова и др. // Международный вестник ветеринарии. — 2023. — № 3. — С. 251–257.
21. Акушерство, гинекология и биотехника репродукции животных / А. П. Студенцов, В. С. Шпилов, В. Я. Никитин и др.; Под ред. В. Я. Никитина. — М.: КолосС, 2011. — 440 с.
22. Jinno M. A therapeutic role of prolactin supplementation in ovarian stimulation for in vitro fertilization: the bromocriptine-rebound method / M. Jinno, Y. Katsumata et al. // The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. — 1997. — 82(11). — P. 3603–3611. doi: 10.1210/jcem.82.11.4349.
23. Bole-Feysot C. Prolactin (PRL) and its receptor: actions, signal transduction pathways and phenotypes observed in PRL receptor knockout mice / C. Bole-Feysot et al. // Endocrine Reviews. — 1998. — № 19(3). — P. 225–268. doi: 10.1210/edrv.19.3.0334.
24. Lebedeva I. Y. Prolactin affects bovine oocytes through direct and cumulus-mediated pathways / I. Y. Lebedeva G. N. Singina et al. // Theriogenology. — 2014. — № 82(8). — P. 1154–1164.
25. Лебедева И. Ю. Влияние пролактина на фолликулогенез и мейоз ооцитов коров : специальность 03.00.15 : автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. биол. наук / Лебедева И. Ю. — Санкт-Петербург ; Пушкин, 1995. — 22 с.
26. Picazo R.A. Cellular localization and changes in expression of prolactin receptor isoforms in sheep ovary throughout the estrous cycle / R. A. Picazo et al. // Reproduction. — 2004. — №128(5). — P. 545–553. doi: 10.1530/rep.1.00343.
27. Nakamura E. A novel antagonistic effect of the bone morphogenetic protein system on prolactin actions in regulating steroidogenesis by granulosa cells / E. Nakamura et al. // Endocrinology. — 2010. — № 151(11). — 5506–5518. doi: 10.1210/en.2010-0265.
28. Kiapekou E. Prolactin receptor mRNA expression in oocytes and preimplantation mouse embryos / E. Kiapekou et al. // Reproductive BioMedicine Online. — 2005. — № 10(3). — P. 339–346.
29. Клопов М. И. Гормоны, регуляторы роста и их использование в селекции и технологии выращивания сельскохозяйственных растений и животных : учебное пособие для вузов / М. И. Клопов и др. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — ISBN 978-5-8114-8485-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176898> (дата обращения: 09.03.2025).
30. Карш Ф. Д. Гипоталамус и передняя доля гипофиза / Ф. Д. Карш // Гормональная регуляция размножения у млекопитающих. М., 1987. — С. 8–32.
31. Синева А. М. Дегидроэпиандростерон, тестостерон и 17 β -эстрадиол в крови молочных коров при послеродовой гипофункции яичников / А. М. Синева, В. А. Лукина, М. И. Адодина // Ветеринарный фармакологический вестник. — 2019. — № 4(9). — С. 77–90.
32. Решетникова Н. М. Проблемы снижения плодовитости у высокопродуктивных молочных коров / Н. М. Решетникова, Г. В. Ескин и др. // Проблемы биологии продуктивных животных. — 2011. — № S4. — С. 116–121. EDN OWDCPN.
33. Порошина Е. С. Влияние отрицательного энергетического баланса в послеродовой период на воспроизводительную функцию первотёлок / Е. С. Порошина, И. И. Шавырин, И. В. Ранцева // Проблемы биологии продуктивных животных. — 2011. — № S4. — С. 110–113. EDN OWDCOT.
34. Kanitz W. Follicular dynamic and ovulation in cattle: a review / W. Kanitz // Archive Tierzucht. — 2003. — № 46(2). — P. 187–198.
35. Современное состояние и стратегия воспроизводства стада при повышении молочной продуктивности крупного рогатого скота / Н. Решетникова, Г. Ескин и др. — Режим доступа: <https://oaohcr.ru/articles1/sovremennoe-sostoyani-i-strategiya-voisproizvodstva-stada-pri-povyshenii-molochnoy-produktivnosti-kr/>.
36. Руководство по воспроизводству стада молочного крупного рогатого скота: руководство / [Н. М. Решетникова и др.]. — Москва, 2002.
37. Noseir W.M. Ovarian follicular activity and hormonal profile during estrous cycle in cows: the development of 2 versus 3 waves / W. M. Noseir // Reprod. Biol. Endocrinol. — 2003; 1, 50. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-1-50>.
38. Ginther O. J. Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves / O. J. Ginther et al. // J. Reprod. Fert. — 1989. — № 87. — P. 223–230.
39. Knopf L. Ovarian follicular dynamics in heifers: test of two wave hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles / L. Knopf et al. // Dom. Anim. Endocr. — 1989. — № 6. — P. 111–119.
40. Rajamahendran R. Follicular dynamics and temporal relationship among body temperature, oestrus, the surge of luteinizing hormone and Ovulation in Holstein Heifers treated with norgestomet / R. Rajamahendran, C. Taylor // J. Reprod. Fert. — 1991. — № 2. — P. 461–467.
41. Ahmad N. Relationship of hormonal patterns and fertility to occurrence of two or three waves of ovarian follicles, before and after breeding, in beef cows and heifers / N. Ahmad, E. C. Townsend et al. // Anim. Reprod. Sei. — 1997. — № 49. — P. 13–28.
42. Burke C. R. Use of a small dose of estradiol benzoate during diestrus to synchronize development of the ovulatory follicle in cattle / C. R. Burke et al. // J. Anim. Sei. — 2000. — № 78. — P. 145–151.
43. Bellmann A. Follikeldynamik und korre-

- spondierende Hormonkonzentrationen beim Rind unter dem Einfluss eines GnRH-Agonisten in Depotformulierung (Decapeptyl® Depot) / A. Bellmann. – Leipzig University, PhD Thesis, 2001.
44. Savio J. D. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle of heifers / J. D. Savio, L. Keenan et al. // *J. Reprod. Fertil.* – 1988. – № 83(2). – P. 663–671. doi: 10.1530/jrf.0.0830663.
 45. Sirois J. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography / J. Sirois, J. E. Fortune // *Biol. Reprod.* – 1988. – № 39(2). – P. 308–317.
 46. Rhodes F. M. Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers / F. M. Rhodes, G. De'ath, K. W. Entwistle // *Anim. Reprod. Sci.* – 1995. – № 38. – P. 265–277.
 47. Sartori R. Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows / R. Sartori, J. M. Haughian et al. // *J. Dairy Sci.* – 2004. – № 87. – P. 905–920.
 48. Wolfenson D. Follicular dynamics and concentrations of steroids and gonadotropins in lactating cows and nulliparous heifers / D. Wolfenson et al. // *Theriogenology.* – 2004. – № 62. – P. 1042–1055.
 49. Bleach E. C. Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles / E. C. Bleach, R. G. Glencross, P. G. Knight // *Reproduction.* – 2004. – № 127. – P. 621–629.
 50. Lypcz-Gatius F. Factors Affecting the Incidence of Double Ovulations in Lactating Dairy Cows: Estrous Cycle Length / F. Lypcz-Gatius, I. Garcia-Ispuerto // *Animals (Basel).* – 2025. – № 15(20). – P. 3000. doi: 10.3390/ani15203000.
 51. Mihm M. Endocrine regulation of ovarian antral follicle development in cattle / M. Mihm, E.C. Bleach // *Anim. Reprod. Sci.* – 2003. – № 78(3-4). – P. 217–237. doi: 10.1016/s0378-4320(03)00092-7.
 52. Adams G. P. Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepubertal heifers / G. P. Adams, A. C. Evans, N. C. Rawling // *J. Reprod. Fertil.* – 1994. – № 100. – P. 27–33.
 53. Ginther O. J. Selection of the dominant follicle in cattle: role of estradiol / O. J. Ginther et al. // *Biol. Reprod.* – 2000. – № 63. – P. 383–389.
 54. Level of Estradiol 17- β serum and ovarian follicular dynamics in short estrous cycle of Bali cattle / C. M. Airin, P. P. Putro et al. // *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.* – 2014. – № 39 (1). – P. 23–29.
 55. Техника определения эстрадиола в сыворотке крови коров голштинской породы методом ИФА / А. А. Тургумбеков и др. // *Науч. обеспечение жив-ва Сибири : Материалы V Межд. науч.-практ. конференции, Красноярск, 13–14 мая 2021 года / Красноярский НИИ жив-ва – обособленное подразделение ФГБНУ «ФИЦ «Красноярский НЦ Сибирского отделения РАН».* – Красноярск: КНИИЖ – обособленное подразделение ФГБНУ ФИЦ «Красноярский НЦ Сибирского отделения РАН», 2021. – С. 482–486.
 56. Чинаров Р. Ю. Развитие технологии прижизненного получения ооцитов у коров: современное состояние и направления исследований (обзор) / Р. Ю. Чинаров // *Сельскохозяйственная биология.* – 2024. – Т. 59. – № 2. – С. 194–220. doi: 10.15389/agrobiol.2024.2.194rus.
 57. Townson D. H. Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows / P. C. Tsang, W. R. Butler et al. // *J. Anim. Sci.* – 2002. – № 80(4). – P. 1053–1058.
 58. Revah I. Butler Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes / I. Revah, W. R. Butler // *J. Reprod. Fertil.* – 1996. – № 106. – P. 39–47.
 59. Perry G. A. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success / G. A. Perry, M. F. Smith et al. // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* – 2005. – № 102. – P. 5268–5273.
 60. Jaiswal R. S. Repeatability of 2-wave and 3-wave patterns of ovarian follicular development during the bovine estrous cycle / R. S. Jaiswal et al. // *Theriogenology.* – 2009. – № 72. – P. 81–90.
 61. Adams G. P. Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle / G. P. Adams et al. // *Theriogenology.* – 2008. – № 69. – P. 72–80.
 62. Перерядкина С. П. Особенности фолликулогенеза у коров мясных пород (казахская белоголовая, шевроле и герефорд) в контексте восстановления плодovitости / С. П. Перерядкина и др. // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.* – 2018. – № 2(50). – С. 227–235.
 63. Гавриченко Н. И. Особенности фолликулярного роста в течение полового цикла у коров с синдромом повторения половой охоты / Н. И. Гавриченко, А. А. Левченков // *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины.* – 2021. – Т. 57. – № 1. – С. 13–16.
 64. Murphy M. G. Effect of dietary intake on pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle in beef heifers. / M. G. Murphy et al. // *J. Reprod. Fertil.* – 1991. – № 92(2). – P. 333–338.
 65. Кузьмич Р. Г. Особенности функциональных нарушений яичников у молочных коров после родов и эффективность использования простагландиновой программы для индукции половой охоты / Р. Г. Кузьмич и др. // *Ученые записки УО ВГАВМ.* – 2022. – № 58(2). – С. 17–23.
 66. Hamilton S.A. Characterization of ovarian follicular cysts and associated endocrine profiles in dairy cows / S. A. Hamilton, H. A. Garverick et al. // *Biology of Reproduction.* – 1995. – № 53(4). – P. 890–898. doi: 10.1095/biolreprod53.4.890.

67. Нежданов А. Г. Современное представление о половом цикле самок животных / А. Г. Нежданов // Ветеринария. — 2003. — № 11. — С. 32–36.
68. Гавриченко Н. И. Особенности течения фолликулогенеза в период полового цикла в яичниках коров с различным уровнем плодовитости / Н. И. Гавриченко, Л. Н. Турчанова // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. — 2014. — № 17–2. — С. 193–198. EDN VTQWEC.
69. Чинаров Р. Ю. Определение оптимальной стадии полового цикла для проведения трансвагинальной УЗИ-ассистированной пункции фолликулов у лактирующих коров генотипной тагильской породы / Р. Ю. Чинаров и др. // Молочное и мясное скотоводство. — 2023. — № 5. — С. 24–27.
70. Каплунов В. Р. Акушерско-гинекологические заболевания, воспроизводительная способность и течение фолликулогенеза у коров разного типа стрессоустойчивости / В. Р. Каплунов, Н. И. Гавриченко // Современные достижения и актуальные проблемы жив-ва : Материалы Межд. научно-практ.конференции, посвященной 90-летию биотехнологического факультета и кафедр генетики и разведения с.-х. животных, технологии производства продукции и механизации животноводства, кормления с.-х. животных, Витебск, 12–13 октября 2023 года. — Витебск: Витебская гос. академия вет. медицины, 2023. — С. 40–46.

Alekseeva A.¹, Homchenko L.¹

Follicular waves in female cattle

¹Saint-Petersburg State Agrarian University

Abstract.

Purpose: to study and summarize data from domestic and foreign authors on the mechanisms of follicular waves in female cattle, the cyclical nature of their manifestation, and the influence of various factors on them.

The maturation of follicles within the reproductive cycle in female cattle occurs in waves. Using ultrasound diagnostics and blood sampling for estradiol levels, it was found that in the sexual cycle of cattle, from one to four follicular waves are formed during the estrous cycle. Follicular waves consist of groups of growing follicles with a diameter of ≥ 4 mm, from which the dominant follicle is selected, while the remaining follicles undergo atresia. If the dominant follicle reaches its maximum size (>10 mm) during the wave, ovulation occurs – the cycle becomes two-wave, if it does not reach, then another wave begins, if the follicle reaches its maximum size during it, the cycle becomes three-wave. The frequency of occurrence of follicular waves affects the duration of the sexual cycle – three-wave cycles are longer than two-wave cycles. The use of knowledge about follicular waves is of particular importance for practical purposes, since in the future it will improve the reproduction rates of cattle by improving approaches to selecting the optimal scheme for synchronizing sexual hunting of animals, reducing the cost of insemination and increasing its effectiveness.

Key words: follicular waves; folliculogenesis; follicle; female cattle; sexual cycle.

References

1. Yearbook on breeding work in dairy cattle farming in the Russian Federation farms (2023). — Moscow: Publishing House of FGBNU VNIIPlem, 2024. — 243 p.
2. High reproduction rates are the future of your farm! // Effective animal husbandry. — 2019. — № 1 (149). — P. 12–13.
3. Motuzko N. S. Physiology of the hypothalamic-pituitary-ovarian system / N. S. Motuzko, Yu. I. Nikitin / Textbook. — Vitebsk: VGAVM, 2002. — 15 p.
4. Platonov S. A. Reproductive capacity of cows and heifers using ultrafine silicon dioxide particles in the induction of the sexual cycle: Abstract of a PhD thesis. sciences: 06.02.10 / Platonov S. A.; [Place of protection: Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Biol. Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences"]. — Orenburg, 2020. — 17 p.
5. Belik S. V. Modern understanding of the sexual cycle of cows and its regulation / S. V. Belik, N. M. Lozovoy // Current issues in veterinary medicine, veterinary-sanitary examination and animal husbandry: Abstracts based on the materials of the round table of representatives of the Voronezh SAU, vet. departments of the Lipetsk, Voronezh and Tambov regions, the veterinary committee of the Tula region, Voronezh, November 11, 2022. — Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2022. — P. 19–21.
6. Boiarskiĭ K. Iu. Folliculogenesis: from antral stage to ovulation (a review) / K. Iu. Boiarskiĭ, S.N. Gaĭdukov // Problemy reprodukci. — 2010. — № 5. — P. 13–23.
7. Baerwald A. R. Ovarian antral folliculogenesis during the human menstrual cycle: a review / A. R. Baer-

- wald, G. P. Adams, R. A. Pierson et al. // Hum. Reprod. Update. — 2012. — № 18. — P. 73–91.
8. Erickson G. The role of the oocyte in folliculogenesis / G. Erickson, S. Shimasaki // Trends Endocrinol. Metab. — 2000; 11 (5). — P. 193–198.
9. The role of oxytocin and oxytocin receptors in the regulation of reproductive functions and folliculogenesis / E. A. Teplyashina et al. // Siberian Med. Journal. — 2013. — Vol. 123. — № 8. — P. 21–26.
10. Picton H. M. Oogenesis in mammals. in Encyclopedia Reproduction, ed. by E. Knobil and J. D. Neill / H. M. Picton, R. G. Gosden // Academic Press. — 1998. — №3. — 488–497.
11. Kanitz W. Comparative aspects of follicular development, follicular and oocyte maturation and ovulation in cattle and pigs / W. Kanitz, K. P. Brüssow et al. // Achieves of Animal Breeding. — 2001. — № 44 (Special issue). — P. 9–23.
12. Webb R. Factors affecting folliculogenesis in ruminants / R. Webb, R. G. Gosden et al. // Animal Science. — 1999. — № 68. — P. 257–284.
13. Campbell B. K. Control of antral follicle development and selection in sheep and cattle / B. K. Campbell, R. J. Scaramuzi, R. Webb // J. Reprod. Fertil. Suppl. — 1995. — № 49. — P. 335–350.
14. Anzorov V. A. Reproductive Status and Hormonal Profile of Cows on Farms in the Russian Federation / V. A. Anzorov, S. V. Moryakina. — Monograph. Chelyabinsk State University Publishing House. Grozny. — 156 p.
15. Polyancev N. I. Veterinary Obstetrics, Gynecology, and Reproduction Bioengineering: Textbook. — St. Petersburg: Lan Publishing House, 2015. — 480 p.
16. Driancourt M. A. Follicular dynamics in sheep and cattle / M. A. Driancourt // Theriogenology. — 1991. — № 35. — P. 55–79.
17. Mihm M. Regulation of follicle wave growth in cattle / M. Mihm, M. G. Diskin, J. F. Roche // Reprod. Dom. Anim. — 1996. — № 31. — P. 531–538.
18. Elkamash I. The Use of Ultrasound for Monitoring the Relationship Between the Diameter of the Dominant Follicle, The Inter-ovulatory Interval, and Follicular Waves in Dairy Cattle / I. Elkamash et al. // AJVS. — 2023. — № 78(1). — P. 83–88.
19. Shiryayev G. V. Reproductive function of cows (*Bos Taurus*) under the influence of various kisspeptins (review) / G. V. Shiryayev et al. // Agricultural Biology. — 2023. — Vol. 58. — № 6. — P. 974–989.
20. Shiryayev G. V. Concentration of kisspeptin, 17 β -estradiol, progesterone and cortisol in the first trimester of pregnancy in cows / G. V. Shiryayev, A. O. Prituzhalova et al. // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2023. — № 3. — P. 251–257.
21. Obstetrics, Gynecology and Bioengineering of Animal Reproduction / A. P. Studentsov, V. S. Shipilov, V. Ya. Nikitin, et al.; Ed. by V. Ya. Nikitin. — Moscow: KolosS, 2011. — 440 p.
22. Jinno M. A therapeutic role of prolactin supplementation in ovarian stimulation for in vitro fertilization: the bromocriptine-rebound method / M. Jinno et al. // The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. — 1997. — 82(11). — P. 3603–3611.
23. Bole-Feysot C. Prolactin (PRL) and its receptor: actions, signal transduction pathways and phenotypes observed in PRL receptor knockout mice / C. Bole-Feysot et al. // Endocrine Reviews. — 1998. — № 19(3). — P. 225–268. doi: 10.1210/edrv.19.3.0334.
24. Lebedeva I. Y. Prolactin affects bovine oocytes through direct and cumulus-mediated pathways / I. Y. Lebedeva G. N. Singina et al. // Theriogenology. — 2014. — № 82(8). — P. 1154–1164. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.08.005.
25. Lebedeva I. Yu. The influence of prolactin on folliculogenesis and meiosis of bovine oocytes: specialty 03.00.15: abstract of a dissertation for the degree of Cand. of Biological Sciences / Lebedeva I. Yu. — St. Petersburg; Pushkin, 1995. — 22 p.
26. Picazo R.A. Cellular localization and changes in expression of prolactin receptor isoforms in sheep ovary throughout the estrous cycle / R. A. Picazo et al. // Reproduction. — 2004. — №128(5). — P. 545–553. doi: 10.1530/rep.1.00343.
27. Nakamura E. A novel antagonistic effect of the bone morphogenetic protein system on prolactin actions in regulating steroidogenesis by granulosa cells / E. Nakamura et al. // Endocrinology. — 2010. — № 151(11). — 5506–5518. doi: 10.1210/en.2010-0265.
28. Kiapekou E. Prolactin receptor mRNA expression in oocytes and preimplantation mouse embryos / E. Kiapekou et al. // Reproductive BioMedicine Online. — 2005. — № 10(3). — P. 339–346.
29. Klopov M. I. Hormones, Growth Regulators, and Their Use in Breeding and Cultivation Technology of Agricultural Plants and Animals: A Textbook for Universities / M. I. Klopov et al. — 4th ed., reprint. — SPb: Lan, 2021. — ISBN 978-5-8114-8485-0. — Text: electronic // Lan: electronic library system. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176898> (accessed: 03/09/2025).
30. Karsh F. D. Hypothalamus and Anterior Pituitary Gland / F. D. Karsh // Hormonal Regulation of Reproduction in Mammals. Moscow, 1987. — P. 8–32.
31. Sineva A. M. Dehydroepiandrosterone, testosterone, and 17 β -estradiol in the blood of dairy cows with postpartum ovarian hypofunction / A. M. Sinevae et al. // Veterinary Pharmacological Bulletin. — 2019. — № 4 (9). — P. 77–90.
32. Reshetnikova N. M. Problems of decreasing fertility in highly productive dairy cows / N. M. Reshetnikova et al. // Problems of biology of productive animals. — 2011. — № S4. — P. 116–121.
33. Poroshina E. S. The influence of negative energy

- balance in the postpartum period on the reproductive function of first-calf heifers / E. S. Poroshina et al. // *Problems of biology of productive animals*. — 2011. — № S4. — P. 110–113.
34. Kanitz W. Follicular dynamic and ovulation in cattle: a review / W. Kanitz // *Archive Tierzucht*. — 2003. — № 46(2). — P. 187–198.
 35. Current status and strategy for herd reproduction to increase dairy productivity of cattle / N. Reshetnikova, G. Yeskin, et al. — Available at: <https://oaohcr.ru/articles1/sovremennoe-sostoyani-i-strategiya-vosproizvodstva-stada-pri-povyshenii-molochnoy-produktivnosti-kr/>.
 36. Guide to dairy cattle herd reproduction: manual / [N. M. Reshetnikova et al.]. — Moscow, 2002.
 37. Noseir W. M. Ovarian follicular activity and hormonal profile during estrous cycle in cows: the development of 2 versus 3 waves / W. M. Noseir // *Reprod. Biol. Endocrinol.* — 2003. — № 1. — P. 50.
 38. Ginther O. J. Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves / O. J. Ginther et al. // *J. Reprod. Fert.* — 1989. — № 87. — P. 223–230.
 39. Knopf L. Ovarian follicular dynamics in heifers: test of two wave hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles / L. Knopf et al. // *Dom. Anim. Endocr.* — 1989. — № 6. — P. 111–119.
 40. Rajamahendran R. Follicular dynamics and temporal relationship among body temperature, oestrus, the surge of luteinizing hormone and Ovulation in Holstein Heifers treated with norgestomet / R. Rajamahendran, C. Taylor // *J. Reprod. Fert.* — 1991. — № 2. — P. 461–467.
 41. Ahmad N. Relationship of hormonal patterns and fertility to occurrence of two or three waves of ovarian follicles, before and after breeding, in beef cows and heifers / N. Ahmad, E. C. Townsend et al. // *Anim. Reprod. Sei.* — 1997. — № 49. — P. 13–28.
 42. Burke C. R. Use of a small dose of estradiol benzoate during diestrus to synchronize development of the ovulatory follicle in cattle / C. R. Burke et al. // *J. Anim. Sei.* — 2000. — № 78. — P. 145–151.
 43. Bellmann A. Follikeldynamik und korrespondierende Hormonkonzentrationen beim Rind unter dem Einfluss eines GnRH-Agonisten in Depotformulierung (Decapeptyl® Depot) / A. Bellmann. — Leipzig University, PhD Thesis, 2001.
 44. Savio J. D. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle of heifers / J. D. Savio, L. Keenan et al. // *J. Reprod. Fert.* — 1988. — № 83(2). — P. 663–671. doi: 10.1530/jrf.0.0830663.
 45. Sirois J. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography / J. Sirois, J. E. Fortune // *Biol. Reprod.* — 1988. — № 39(2). — P. 308–317.
 46. Rhodes F. M. Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers / F. M. Rhodes, G. De'ath, K. W. Entwistle // *Anim. Reprod. Sei.* — 1995. — № 38. — P. 265–277.
 47. Sartori R. Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows / R. Sartori, J. M. Haughian et al. // *J. Dairy Sci.* — 2004. — № 87. — P. 905–920.
 48. Wolfenson D. Follicular dynamics and concentrations of steroids and gonadotropins in lactating cows and nulliparous heifers / D. Wolfenson et al. // *Theriogenology*. — 2004. — № 62. — P. 1042–1055.
 49. Bleach E. C. Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles / E. C. Bleach, R. G. Glencross, P. G. Knight // *Reproduction*. — 2004. — № 127. — P. 621–629.
 50. Lypez-Gatius F. Factors Affecting the Incidence of Double Ovulations in Lactating Dairy Cows: Estrous Cycle Length / F. Lypez-Gatius, I. Garcia-Isperto // *Animals (Basel)*. — 2025. — № 15(20). — P. 3000. doi: 10.3390/ani15203000.
 51. Mihm M. Endocrine regulation of ovarian antral follicle development in cattle / M. Mihm, E. C. Bleach // *Anim. Reprod. Sei.* — 2003. — № 78(3-4). — P. 217–237. doi: 10.1016/s0378-4320(03)00092-7.
 52. Adams G. P. Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepubertal heifers / G. P. Adams, A. C. Evans, N. C. Rawling // *J. Reprod. Fert.* — 1994. — № 100. — P. 27–33.
 53. Ginther O. J. Selection of the dominant follicle in cattle: role of estradiol / O. J. Ginther et al. // *Biol. Reprod.* — 2000. — № 63. — P. 383–389.
 54. Level of Estradiol 17- β serum and ovarian follicular dynamics in short estrous cycle of Bali cattle / C. M. Airin, P. P. Putro et al. // *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.* — 2014. — № 39 (1). — P. 23–29.
 55. Technique for determining estradiol in the blood serum of Holstein cows using the ELISA method / A. A. Turgumbekov et al. // *Scientific support for animal husbandry in Siberia: Proceedings of the V Int. scientific and practical conference, Krasnoyarsk, May 13–14, 2021* / Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry — a separate subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FRC "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences". — Krasnoyarsk: KNIIZH — a separate subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", 2021. — P. 482–486.
 56. Chinarov R. Yu. Development of technology for the intravital collection of oocytes from cows: current status and research directions (review) / R. Yu. Chinarov // *Agricultural Biology*. — 2024. — Vol. 59. — № 2. — P. 194–220.
 57. Townson D. H. Relationship of fertility to ovarian

- follicular waves before breeding in dairy cows / P. C. Tsang, W. R. Butler et al. // *J. Anim. Sci.* — 2002. — № 80(4). — P. 1053–1058.
58. Revah I. Butler Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes / I. Revah, W. R. Butler // *J. Reprod. Fertil.* — 1996. — № 106. — P. 39–47.
59. Perry G. A. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success / G. A. Perry, M. F. Smith et al. // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* — 2005. — № 102. — P. 5268–5273.
60. Jaiswal R. S. Repeatability of 2-wave and 3-wave patterns of ovarian follicular development during the bovine estrous cycle / R. S. Jaiswal et al. // *Theriogenology*. — 2009. — № 72. — P. 81–90.
61. Adams G. P. Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle / G. P. Adams et al. // *Theriogenology*. — 2008. — № 69. — P. 72–80.
62. Pereryadkina S. P. Features of folliculogenesis in beef cows (Kazakh White-headed, Chevrolet and Hereford) in the context of fertility restoration / S. P. Pereryadkina et al. // *News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. — 2018. — № 2 (50). — P. 227–235.
63. Gavrichenko N. I. Features of follicular growth during the estrous cycle in cows with recurrent estrus syndrome / N. I. Gavrichenko, A. A. Levchenkov // *Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine*. — 2021. — Vol. 57. — № 1. — P. 13–16.
64. Murphy M. G. Effect of dietary intake on pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle in beef heifers. / M. G. Murphy, W. J. Enright et al. // *J. Reprod. Fert.* — 1991. — № 92(2). — P. 333–338. doi: 10.1530/jrf.0.0920333.
65. Kuzmich R. G. Features of functional disorders of the ovaries in dairy cows after parturition and the effectiveness of using the prostaglandin program to induce estrus / R. G. Kuzmich, D. S. Khodykin et al. // *Scientific notes of the UO VGAVM*. — 2022. — № 58 (2). — P. 17–23.
66. Hamilton S.A. Characterization of ovarian follicular cysts and associated endocrine profiles in dairy cows / S. A. Hamilton et al. // *Biology of Reproduction*. — 1995. — № 53(4). — P. 890–898.
67. Nezhdanov A. G. Modern understanding of the sexual cycle of female animals / A. G. Nezhdanov // *Veterinary science*. — 2003. — № 11. — P. 32–36.
68. Gavrichenko N. I. Features of the course of folliculogenesis during the sexual cycle in the ovaries of cows with different levels of fertility / N. I. Gavrichenko, L. N. Turchanova // *Actual problems of intensive development of animal husbandry*. — 2014. — № 17–2. — P. 193–198.
69. Chinarov R. Yu. Determination of the optimal stage of the estrous cycle for transvaginal ultrasound-assisted follicular puncture in lactating cows of the Tagil gene pool breed / R. Yu. Chinarov, V. A. Lukanina et al. // *Dairy and beef cattle breeding*. — 2023. — № 5. — P. 24–27.
70. Kaplunov V. R. Obstetric and gynecological diseases, reproductive capacity and the course of folliculogenesis in cows with different types of stress resistance / V. R. Kaplunov, N. I. Gavrichenko // *Modern achievements and current problems of life: Proc. Int. sci. and pract. conf. dedicated to the 90th anniversary of the Faculty of Biotechnology and the Departments of Genetics and Breeding of Agr. Animals, Technology of Production and Mechanization of Livestock Farming, Feeding of Farm Animals, Vitebsk, October 12–13, 2023*. — Vitebsk: Vitebsk State Academy of Vet. Medicine, 2023. — P. 40–46.

Сведения об авторах:

Алексеева Анна Юрьевна — доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный аграрный университет”; 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское ш., д. 2; e-mail: a9522173173@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-3683-4325; AuthorID: 719394.

Хомченко Любовь Эдуардовна — аспирант; ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный аграрный университет”; 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское ш., д. 2; e-mail: homhcik@mail.ru; ORCID: 0009-0006-1424-2176.

Authors:

Alekseeva Anna Yurievna — PhD (Agr. Sci.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of the Genetics, Breeding and Biotechnology of animals; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State Agrarian University”; 196601, Russia, Saint Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe shosse, 2; e-mail: a9522173173@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-3683-4325; AuthorID: 719394.

Khomchenko Lyubov Eduardovna — graduate student; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State Agrarian University”; 196601, Russia, Saint Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe shosse, 2; e-mail: homhcik@mail.ru; ORCID: 0009-0006-1424-2176.