

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РЕПРОДУКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ КАК ИСТОЧНИК СТРЕССА: МИНИ-ОБЗОР*

А.С. ЖУКОВА[✉]

Вследствие климатических изменений и применения интенсивных технологий в сельскохозяйственном производстве растет число факторов, оказывающих стрессорное воздействие на животных. Интенсификация животноводства приводит к повсеместному применению вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ), однако число работ, посвященных анализу стрессорного воздействия этих технологий, крайне ограничено, особенно в том, что касается процедур выделения ооцитов для получения эмбрионов *in vitro* (методы OPU, IVP). Представленный обзор посвящен обобщению информации о стресс-индуцирующем воздействии ВРТ. Показано, что ректальное обследование и прижизненное получение ооцитов оказывают стрессорное влияние на животных (L. Kovács с соавт., 2014; M. Pilz с соавт., 2014; H. Giese с соавт., 2018; S. Petyim с соавт., 2007). Описаны факторы, усугубляющие состояние стресса при ВРТ: тепловое воздействие (M. Gendelman с соавт., 2010; M.M. Khodaei-Motlagh с соавт., 2011; F. De Rensis с соавт., 2021) и низкая квалификация персонала (G.G. Macedo с соавт., 2011; H. Giese с соавт., 2018; R.Y. Achaга с соавт., 2022). Краткосрочный стресс не приводит к подавлению фертильности, в то время как хронический стресс оказывает выраженное негативное воздействие на репродуктивную функцию и воспроизводство животных: нарушается эстральный цикл (M. Kala с соавт., 2016; G. Domes с соавт., 2024), фолликулогенез (M. Kala с соавт., 2016; Y. Wei с соавт., 2019), подавляется овуляция (Y. Wei с соавт., 2019), снижается качество ооцитов (R.R. Chen с соавт., 2022; F. Casillas с соавт., 2023; Д.А. Лебедева с соавт., 2024), их оплодотворяемость (А.К.Н. Mahdy с соавт., 2018; L. Dehdehi с соавт., 2020), число и качество получаемых эмбрионов (J. Burkuš с соавт., 2015). Нарушение имплантации — еще одно последствие длительного воздействия стрессоров (P. Arck с соавт., 2004; L.H. Zhao с соавт., 2013), в связи с чем стресс рассматривается как абортотенный фактор. Негативный эффект длительного нахождения животных в состоянии стресса, который проявляется в снижении фертильности, необходимо учитывать при расчете оптимальной продолжительности использования доноров репродуктивных клеток, а также при прогнозировании ожидаемой результативности ВРТ. Использование различных техник, воспринимаемых животными как позитивное взаимодействие с персоналом, снижает у них уровень стресса (S. Waiblinger с соавт., 2004; C. Schmied с соавт., 2008; S. Lürzel с соавт., 2018) и способствует повышению эффективности вспомогательных репродуктивных технологий.

Ключевые слова: вспомогательные репродуктивные технологии, стресс, кортизол, OPU, IVP, качество ооцитов.

Из-за изменений климата и применения интенсивных технологий в сельскохозяйственном производстве растет число факторов, оказывающих стрессорное воздействие на животных (1-3). Согласно Гансу Селье (Hans Hugo Bruno Selye, 1907-1982), стресс — это совокупность направленных на адаптацию к меняющимся условиям, неспецифических реакций организма на действие раздражителей (стрессоров) (4). Единая классификация видов стресса в настоящее время отсутствует, и вид стресса определяется типом индуцирующих его факторов. К основным видам стресса, приводящим к снижению продуктивности животных и подавлению их воспроизводительной функции, относят тепловой (1, 2, 5, 6), кормовой (2, 6), социальный (3), транспортировочный (2, 5), отъемочный (2), болевой (1, 5), а также вакцинацию (7). В зависимости от интенсивности, продолжительности воздействия неблагоприятных факторов и ответа на стимул стресс подразделяют на острый, эпизодический острый и хронический (8, 9).

С интенсификацией животноводства связано повсеместное применение вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ), включающих как манипуляции с половыми клетками и эмбрионами, так и выполнение процедур, которым подвергаются животные: искусственное осеменение,

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание № FGGN-2024-0014).

получение эмбрионов *in vivo* вымыванием из половых путей самок, прижизненное получение ооцитов посредством трансвагинальной аспирации фолликулов (ovum pick-up, OPU) с их последующим оплодотворением и культивированием для получения эмбрионов *in vitro* (in vitro production, IVP) (10-12). Такие технологии позволяют повышать интенсивность селекции, сохранять генофондные породы, ускорять процесс обновления и качественного улучшения стада (11-14). Однако число работ, посвященных анализу стрессорного воздействия перечисленных технологий на сельскохозяйственных животных, крайне ограничено, особенно в области OPU, поскольку эта процедура считается относительно новой и широко применяется не так давно (15).

В представленном обзоре обобщена информация о стресс-индуцирующем влиянии вспомогательных репродуктивных технологий и о последствиях стресса для эффективности ВРТ.

Гормональные и метаболические маркеры стресса. Согласно современному представлению, выделяют две основные реакции на стресс. Быстрая реакция происходит при участии симпатической нервной системы и сопровождается синтезом и секрецией катехоламинов — адреналина и норадреналина, медленная обусловлена активацией гипоталамо—гипофизарно—надпочечниковой оси (ГНПО) и ведет к выделению кортикостероидов коры надпочечников (3, 9).

К числу биомаркеров, по соотношению которых у животных определяют состояние стресса, относят концентрацию катехоламинов и глюкокортикоидов, белков острой фазы воспаления (гаптоглобина, сывороточного амилоида, параоксоназы-1), количество плазменных белков и соотношение альбуминов и глобулинов, фактора некроза опухоли- α и интерлейкина-6, активных форм кислорода (АФК) и антиоксидантных белков (6, 16-18). Наиболее распространенным методом диагностики стресса у животных является определение концентрации кортизола (кортикостерона у мышей) в плазме или сыворотке крови, а также неинвазивные методы оценки содержания этого гормона в слюне, моче, кале, шерсти, молоке (19-21). Соотношение детектируемых аналитов во многом определяется типом стресса — острым или хроническим (22). Таким образом, имеется обширный перечень чувствительных биомаркеров, но для формирования объективной оценки благополучия животных необходим комплексный анализ нескольких индикаторов, включая особенности поведения (3).

Факторы стресса при применении репродуктивных технологий. *Манипуляции с животными и проявления стресса*. Среди ВРТ наиболее ранним и широко применяемым считается искусственное осеменение (23). По данным V. Ferreira с соавт. (24), выполнение этой процедуры не ведет к повышению уровня кортизола в крови животных. Тем не менее среди возможных причин стресса при искусственном осеменении рассматривают фиксацию животных, в связи с чем ведется поиск оптимальных условий их обездвиживания (25).

Неотъемлемый этап ВРТ — ректальная пальпация, которую проводят с целью определения фазы эстрального цикла, диагностики стельности и патологических состояний (26, 27). Данные о стрессорном влиянии ректального обследования противоречивы. Так, по мнению ряда исследователей, процедура обладает выраженным стрессорным воздействием, о чем свидетельствуют повышенные концентрации кортизола (28, 29), увеличение частоты сердечных сокращений (30) и проявление реакций избегания (31) во время и после выполнения манипуляции. Другие исследователи не выявили нарастания выраженности признаков стресса у животных до и после

обследования (32, 33).

Прижизненное получение ооцитов от самок крупного рогатого скота с помощью трансвагинальной аспирации фолликулов — современная технология, позволяющая использовать одно животное для выделения большого числа репродуктивных клеток и, как следствие, увеличения числа генетически охарактеризованных эмбрионов (34). Однако такая техника предполагает многократное воздействие на влагалище и яичники: в большинстве случаев ОРУ выполняют дважды в неделю в течение по меньшей мере 2 мес (35–37).

Обследование телок — доноров ооцитов при ОРУ показало, что эта процедура служит индуктором стресса у животных, причем частота сердечных сокращений и концентрация кортизола в плазме крови увеличиваются уже при иммобилизации доноров и сохраняются повышенными относительно показателей в состоянии покоя в течение всех последующих этапов: проведения эпидуральной анестезии, введения системы для ОРУ во влагалище животного, пункции фолликулов (36), а также в течение 15 мин после окончания сессии ОРУ (37). Кроме того, обнаруживались поведенческие признаки дискомфорта телок, в частности отказ от корма во время иммобилизации и введения иглы для эпидуральной анестезии (36). Важно отметить, что концентрация кортизола в крови коров при пункции фолликулов была соизмерима с таковой у животных, которым выполняли эпидуральную анестезию без последующей пункции (37). Следовательно, процедуру анестезии можно рассматривать как наиболее значимый стрессорный фактор при выполнении ОРУ, по всей видимости, из-за выраженного болевого синдрома (38).

Исследование S. Chastant-Maillard с соавт. (37) на коровах голштинской породы не выявило зависимости между динамикой концентрации кортизола в плазме крови (перед, во время и после получения ооцитов) и сессией ОРУ при проведении двух еженедельных процедур в течение 8 нед. В другой работе (36) показано, что статистически значимое повышение концентрации кортизола в крови животных происходит в конце 4-месячного периода применения этой процедуры (36). Следовательно, необходимо рассчитывать оптимальную продолжительность использования доноров, чтобы избежать их длительного нахождения в состоянии стресса.

Тепловое воздействие как дополнительный фактор стресса. Тепловой стресс находится в фокусе внимания исследователей по причине происходящих климатических изменений (39). Его влияние на физиологию, продуктивность и воспроизводство животных изучено подробно (39–42). Вследствие воздействия высоких температур происходит нарушение полового поведения (в частности, животные не проявляют признаков эструса) (43). Нарушается формирование преантральных фолликулов, уменьшается размер доминантного фолликула на фоне увеличения числа крупных недоминантных фолликулов (44). Число эмбрионов, развивающихся до стадии бластоцисты, при оплодотворении ооцитов от животных, подвергшихся воздействию теплового стресса, снижается, что свидетельствует о неудовлетворительном качестве репродуктивных клеток (45, 46).

Нарушение фолликулогенеза ведет к снижению синтеза эстрадиола (47). Угнетение отрицательной обратной связи ингибирования, вызываемое уменьшением размера доминантных фолликулов, повышает секрецию фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), что ведет к задержке овуляции, при этом низкая секреция прогестерона негативно отражается на функциональных характеристиках эндометрия и последующей имплантации (48). Также периоды высоких температур приводят к нарушению кровотока в матке (49)

и повышенной экспрессии мРНК простагландинов $PGF-2\alpha$ и $PGE2$ в клетках эндометрия у коров (50), что может быть причиной выкидышей и бесплодия. Телки, рожденные от матерей, подвергшихся тепловому стрессу на ранних сроках стельности, имели меньший овариальный резерв и сниженную концентрацию антимюллера гормона (51).

Восстановление фертильности, сопровождающееся появлением зрелых ооцитов с высокой компетенцией к эмбриональному развитию при оплодотворении, наступает лишь спустя 2-3 эстральных цикла после окончания периода повышенной температуры, чем подтверждается отрицательное влияние теплового стресса на самых ранних стадиях развития фолликулов (52).

Квалификация персонала. Вспомогательные репродуктивные технологии требуют непосредственного участия персонала. Непрофессиональное, невнимательное, недоброжелательное, грубое отношение персонала к животным оказывает выраженное стресс-индуцирующее воздействие (1, 53-56). Напротив, контакт с людьми, которые у животного ассоциируются с положительными ощущениями, состоянием благополучия, снижает проявления стресса при выполнении процедур, вызывающих стресс (57). Особенно заметно повышение уровня маркеров стресса, когда манипуляции, связанные с ВРТ, проводит персонал, не обладающий соответствующим профессиональным опытом в достаточном объеме (29). В животноводческой практике существуют способы снижения уровня стресса у сельскохозяйственных животных, включающие поглаживание различных частей тела, разговор спокойным голосом, чистку щеткой, кормление (57-59). Показано, что коровы помнят позитивный опыт общения с человеком в течение 2 мес (58). Вероятно, память о стрессорном воздействии, вызванном ненадлежащим отношением персонала к животным, сохраняется в течение схожего временного периода.

Снижение эффективности ВРТ как следствие стресса. К вероятным причинам меньшего числа положительных репродуктивных исходов при ВРТ в настоящее время относят недостаточный ответ животных на гормональную стимуляцию (60, 61), низкую оплодотворяемость (62), нарушение имплантации эмбрионов и аборт (63). Один из важнейших этапов, определяющих эффективность ВРТ, — манипуляции с репродуктивными клетками, включающие созревание, оплодотворение и культивирование с целью получения эмбрионов и их последующего развития (11, 12, 62). Поэтому успех ВРТ во многом определяется качеством репродуктивных клеток (64, 65). Подавляющее большинство исследований влияния стресса на половой цикл, качество репродуктивных клеток, а также качество, жизнеспособность и имплантацию ИVP эмбрионов проведены на грызунах как наиболее удобных модельных объектах для изучения стресс-индуцирующего воздействия внешних факторов в лабораторных условиях (66-70).

Регуляция полового цикла самок у млекопитающих осуществляется с участием пяти уровней: кора головного мозга, гипоталамус, гипофиз, яичники, матка. Гипоталамус выделяет гонадотропин-рилизинг-гормон (ГнРГ), который стимулирует переднюю долю гипофиза к выделению фолликуло-стимулирующего и лютеинизирующего гормонов (ФСГ и ЛГ). ФСГ поддерживает рост и развитие фолликулов в яичниках и выработку эстрогена, в то время как ЛГ инициирует овуляцию и синтез прогестерона (71). Показано, что активация ГГНО вследствие стрессорных воздействий подавляет функцию гипоталамо—гипофизарно—яичниковой оси (ГГЯО) преимущественно посредством ингибирования выработки ГнРГ с последующим снижением уровня гонадотропинов (72). Более того, одно из последствий стресса —

снижение секреции ЛГ в ответ на экзогенный ГнРГ (73), что имеет важное значение, например, при медикаментозной синхронизации эстрального цикла у коров.

Несмотря на имеющиеся данные об отсутствии корреляции между уровнем кортизола и половым поведением самок крупного рогатого скота (74, 75), показано, что у мышей кортизол способен подавлять развитие фолликулов, в особенности на поздних стадиях (76).

Наряду с нарушением фолликулогенеза, негативное влияние стресса выражается в снижении качества получаемых ооцитов. Так, хронический стресс при отсутствии влияния на число овулировавших ооцитов, может приводить к накоплению в них АФК, усилению апоптотических изменений в клетках кумулюса, а также снижать способность клеток к созреванию (65, 66, 77, 78), нарушать процесс мейоза в ооцитах (67, 68), сопровождаться нарушением связей между ооцитами и клетками кумулюса (68), вызывать аномалии веретена деления в ооцитах, что приводит к увеличению числа репродуктивных клеток низкого качества (67). При воздействии стресса в течение развития ооцитов у мышей с последующей гормональной стимуляцией снижается устойчивость репродуктивных клеток к старению (69).

Нарушение качества ооцитов вследствие воздействия стрессоров неизбежно ведет к изменению организации хромосом и кортикальных гранул (69), снижению оплодотворяемости и числа эмбрионов, развивающихся до стадии бластоцисты, и их вылупления (65, 70, 78, 79), а также уменьшению внутренней клеточной эмбриональной массы и ее соотношения с массой трофобласта (79).

F. Wahl с соавт. (80) показано, что кортизол вызывает многочисленные изменения в клетках эпителия яйцевода крупного рогатого скота: меняются их морфология (увеличивается число вакуолей, происходит децилиация, формируются многослойные участки) и трансэпителиальный биоэлектрический потенциал, снижается экспрессия мРНК провоспалительных цитокинов (интерлейкина 33 и интерлейкина 6), рецепторов к глюкокортикоидам, эстрогену и прогестерону и усиливается экспрессия гена проапоптотического фактора *BAX*, что ведет к изменению функциональных характеристик этой области, являющейся первым местом контакта эмбриона с организмом матери.

Имплантация эмбриона — важнейший этап, определяющий успех репродуктивных технологий. Существует подтверждение того, что у коров с более высоким уровнем кортизола в крови статистически значимо снижается частота наступления стельности после искусственного осеменения (81). Воздействие стрессоров может расцениваться как абортотенный фактор, что во многом обусловлено взаимодействием гормонов, связанных со стрессом, и иммунокомпетентных клеток, вызывающим нарушение баланса секретируемых провоспалительных и противовоспалительных цитокинов (82).

Показано, что существует так называемое стресс-чувствительное окно имплантации, и не всегда воздействие стрессоров при наступлении беременности приводит к неэффективной имплантации (70). В этом же исследовании приведены данные о снижении экспрессии гепаринсвязывающего EGF-подобного фактора роста в эндометрии у мышей, подвергавшихся стрессу, что оказывает негативное влияние на последующую децидуализацию матки. Авторы (70) делают вывод о том, что стресс откладывает реакцию прикрепления, ингибируя активацию бластоцисты, и осложняет процесс имплантации, препятствуя вылуплению эмбриона (70).

Интенсивность реакции на воздействие стрессоров во многом определяется темпераментом особи (17, 81, 83). Отмечено наличие связи между

возбудимостью и уровнем кортизола в сыворотке крови коров (81, 84, 85). Частота наступления стельности после искусственного осеменения и при трансплантации эмбрионов была значительно выше у спокойных реципиентов, чем у легковозбудимых (83, 86). Овуляция у более темпераментных животных сопровождается формированием желтого тела на месте небольших фолликулов, что ведет к недостаточной выработке прогестерона и, как следствие, к неэффективному поддержанию развития эмбриона на ранних стадиях (83, 84).

На модельных животных было показано, что половые различия играют заметную роль в механизмах и последствиях стресса: по сравнению с самцами грызунов самки проявляют более сильную нейроэндокринную реакцию на стресс (87, 88). Эта реакция может быть гормонально зависимой, поскольку более высокий уровень эстрогена связан с более сильными реакциями на стрессорные воздействия (89).

В то время как хронический стресс приводит к выраженному нарушению как мужской, так и женской репродуктивной функции (90, 91), краткосрочный стресс чаще всего не вызывает негативных последствий. Так, гормоны, выделяемые во время стресса, служат частью гормонального каскада при отеле у коров (92). Фолликулярная жидкость коров содержит кортизол в концентрации 12-20 нг/мл, которая значимо не меняется в течение эстрального цикла (93). Показано также, что этот гормон способен индуцировать пролиферацию эпителиальных клеток эндометрия крупного рогатого скота (94).

Краткосрочный стресс способен вызывать повышение подвижности и концентрации спермиев в эякуляте быков (90), а увеличение концентрации кортизола в сыворотке крови быков-производителей коррелирует с ростом оплодотворяющей способности сперматозоидов из таких эякулятов (95).

Итак, помимо общеизвестных стресс-индуцирующих факторов, связанных с условиями содержания животных и технологиями производства животноводческой продукции, в настоящее время имеет место стрессорное воздействие процедур, лежащих в основе вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ). При использовании ВРТ следует принимать во внимание наличие факторов (например, тепловой стресс, недостаточная квалификация персонала), усугубляющих неблагоприятное воздействие самих манипуляций. Хронический стресс обладает ярко выраженным негативным влиянием на эффективность репродуктивных технологий, в то время как краткосрочное воздействие стрессоров не приводит к подавлению фертильности. Для совершенствования ВРТ необходим комплексный подход к выявлению факторов, ингибирующих воспроизводительную функцию животных, основанный на анализе условий содержания доноров и реципиентов, а также процедур, индуцирующих у них стрессовые реакции.

*ФГБНУ Федеральный исследовательский центр
животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
142132 Россия, Московская обл., г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60,
e-mail: skazka_morozko@mail.ru* ✉

*Поступила в редакцию
29 августа 2025 года
Принята к публикации
27 ноября 2025 года*

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2025, V. 60, № 6, pp. 975-985

ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES IN ANIMAL FARMING AS STRESS INDUCERS: A MINI-REVIEW

A.S. Zhukova ✉

*Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60, pos. Dubrovitsy, Podolsk District, Moscow Province,
142132 Russia, e-mail skazka_morozko@mail.ru* ✉ *corresponding author*

ORCID:

Zhukova A.S. orcid.org/0000-0003-1155-014X

The author declares no conflict of interests

Acknowledgements:

Supported financially by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (State Assignment No. FGGN-2024-0014)

Final revision received August 29, 2025

doi: 10.15389/agrobiology.2025.6.975eng

Accepted November 27, 2025

Abstract

Due to climate change and the use of intensive technologies in agriculture, the number of factors that have a stressful impact on animals is increasing. The intensification of animal husbandry leads to the widespread use of assisted reproductive technologies (ART), but the number of studies on the stress impact of these technologies is extremely limited, especially with regard to oocyte isolation procedures for in vitro embryo production (OPU, IVP methods). This review summarizes information on the stress-inducing effects of ART. Rectal examination and intravital oocyte retrieval have been shown to stressfully affect animals (L. Kovács et al., 2014; M. Pilz et al., 2014; H. Giese et al., 2018; S. Petyim et al., 2007). Factors that aggravate the stress state during ART are heat exposure (M. Gendelman et al., 2010; M.M. Khodaei-Motlagh et al., 2011; F. De Rensis et al., 2021) and low qualifications of husbandry staff (G.G. Macedo et al., 2011; H. Giese et al., 2018; R.Y. Acharya et al., 2022). Short-term stress does not suppress fertility while chronic stress has a pronounced negative effect on the reproductive function and reproduction of animals. The estrous cycle is disrupted (M. Kala et al., 2016; G. Domes et al., 2024), folliculogenesis (M. Kala et al., 2016; Y. Wei et al., 2019) and ovulation are suppressed (Y. Wei et al., 2019), the quality of oocytes decreases (R.R. Chen et al., 2022; F. Casillas et al., 2023; D.A. Lebedeva et al., 2024), their fertilization (A.K.H. Mahdy et al., 2018; L. Dehdehi et al., 2020), the number and quality of the resulting embryos (J. Burkuš et al., 2015) decline. Disruption of implantation is another consequence of long-term stress (P. Arck et al., 2004; L.H. Zhao et al., 2013), and therefore stress is considered an abortogenic factor. Decreased fertility is another negative effect of prolonged animal exposure to stress, which must be taken into account when calculating the optimal duration of the use of reproductive cell donors and predicting the expected success of ART. The use of various techniques that are perceived by animals as positive interaction with staff reduces stress in animals (S. Waiblinger et al., 2004; C. Schmied et al., 2008; S. Lürzel et al., 2018) and can increase the effectiveness of assisted reproductive technologies.

Keywords: assisted reproductive technologies, stress, cortisol, OPU, IVP, oocyte quality.

REFERENCES

1. Endris M., Feki E. Review on effect of stress on animal productivity and response of animal to stressors. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2021, 20(1): 1-14 (doi: 10.36478/ja-vaa.2021.1.14).
2. Shoshin D.E., Erofeev N.G., Sizova E.A., Pavlova M.Yu. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2024, 107(3): 138-162 (doi: 10.33284/2658-3135-107-3-138) (in Russ.).
3. Jurkovich V., Hejel P., Kovács L. A review of the effects of stress on dairy cattle behaviour. *Animals (Basel)*, 2024, 14(14): 2038 (doi: 10.3390/ani14142038).
4. Selye H. A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, 1936, 138(32): (doi: 10.1038/138032a0).
5. Gebregeziabhear E., Ameha N. The effect of stress on productivity of animals: A review. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2015, 5(3): 165-172.
6. Thoriya A.V., Bhoi D.B., Patel M.A., Kumar A., Raval J.K. Effect of stress on dairy animal reproduction. *Journal of Livestock Science*, 2024, 15: 276-284 (doi: 10.33259/JLivestSci.2024.276-284).
7. Rajput A.S., Rajawat D., Jisna K.S., Panwar A., Patra M.K. Transient impacts of vaccination on livestock production: a holistic review. *Indian Journal of Animal Health*, 2024, 63(1): 29-40 (doi: 10.36062/ijah.2024.10123).
8. Brown E.J., Vosloo A. The involvement of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis in stress physiology and its significance in the assessment of animal welfare in cattle. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 2017, 84(1): a1398 (doi: 10.4102/ojvr.v84i1.1398).
9. Chu B., Marwaha K., Sanvictores T., Awosika A.O., Ayers D. Physiology, stress reaction. In: *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing LLC, Treasure Island (FL), 2025. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541120/>. No date.
10. Verma O.P., Kumar R., Kumar A., Chand S. Assisted reproductive techniques in farm animal – from artificial insemination to nanobiotechnology. *Veterinary World*, 2012, 5(5): 301-310 (doi: 10.5455/vetworld.2012.301-310).
11. Zinovieva N.A., Pozyabin S.V., Chinarov R.Yu. Assisted reproductive technologies: the history and role in the development of genetic technologies in cattle (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*

- [*Agricultural Biology*], 2020, 55(2): 225-242 (doi: 10.15389/agrobiology.2020.2.225rus).
12. Velazquez M.A. Assisted reproductive technologies in cattle: Applications in livestock production, biomedical research and conservation biology. *Annual Review of Biomedical Sciences*, 2008, 10: 36-62 (doi: 10.5016/1806-8774.2008.v10p36).
 13. Pestis V.K., Golubets L.V., Deshko A.S. *Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnikh nauk*, 2019, 57(2): 192-203 (doi: 10.29235/1817-7204-2019-57-2-192-203) (in Russ.).
 14. Babenkov V.Yu., Chimidova N.V., Khakhlinov A.I., Ubushieva A.V., Manzhiev V.I. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2023, 106(1): 67-76 (doi: 10.33284/2658-3135-106-1-67) (in Russ.).
 15. Callesen H., Greve T., Christensen F. Ultrasonically guided aspiration of bovine follicular oocytes. *Theriogenology*, 1987, 27: 217 (Abstract).
 16. Kumar B., Manuja A., Aich P. Stress and its impact on farm animals. *Frontiers in Bioscience (Elite edition)*, 2012, 4(5): 1759-1767 (doi: 10.2741/e496).
 17. Fernandez-Novo A., Pérez-Garnelo S.S., Villagrà A., Pérez-Villalobos N., Astiz S. The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle—a review. *Animals (Basel)*, 2020, 10(11): 2096 (doi: 10.3390/ani10112096).
 18. Costa V.G.G., Vieira A.D., Schneider A., Rovani M.T., Gonçalves P.B.D., Gasperin B.G. Systemic inflammatory and stress markers in cattle and sheep submitted to different reproductive procedures. *Ciência Rural*, 2018, 48: e20180336 (doi: 10.1590/0103-8478cr20180336).
 19. King S.L., Hegadoren K.M. Stress hormones: how do they measure up? *Biological Research for Nursing*, 2002, 4(2): 92-103 (doi: 10.1177/1099800402238334).
 20. Sheriff M.J., Dantzer B., Delehanty B., Palme R., Boonstra R. Measuring stress in wildlife: Techniques for quantifying glucocorticoids. *Oecologia*, 2011, 166: 869-887 (doi: 10.1007/s00442-011-1943-y).
 21. Mazer K.A., Knickerbocker P.L., Kutina K.L., Huzzey J.M. Changes in behavior and fecal cortisol metabolites when dairy cattle are regrouped in pairs versus individually after calving. *Journal of Dairy Science*, 2020, 103: 4681-4690 (doi: 10.3168/jds.2019-17593).
 22. MohanKumar S.M.J., Balasubramanian P., Dharmaraj M., MohanKumar P.S. neuroendocrine regulation of adaptive mechanisms in livestock. In: *Environmental stress and amelioration in livestock production*. V. Sejian, S. Naqvi, T. Ezeji, J. Lakritz, R. Lal (eds.). Springer, Berlin, 2012: 263-298 (doi: 10.1007/978-3-642-29205-7_11).
 23. Ombelet W., Van Robays J. Artificial insemination history: hurdles and milestones. *Facts, Views & Vision in ObGyn*, 2015, 7(2): 137-143.
 24. Ferreira V., Ferreira G. Effect of artificial insemination, ruminal incubation, and esophageal tubing on cortisol concentration in blood of lactating dairy cows. *JDS Communications*, 2025, 6(2): 241-244 (doi: 10.3168/jdsc.2024-0676).
 25. Carrell R.S., Smith W.B., Kinman L.A., Mercadante V.R.G., Dias N.W., Roper D.A. Cattle stress and pregnancy responses when imposing different restraint methods for conducting fixed time artificial insemination. *Animal Reproduction Science*, 2021, 225: 106672 (doi: 10.1016/j.anireprosci.2020.106672).
 26. Mujuni P.F., Mgongo F.O.K. Rectal palpation in bovine female reproduction: advantages, risks and procedure. A review. *Tanzania Veterinary Journal*, 1991, 11(1): 24-42.
 27. Christiansen D. Pregnancy diagnosis: Rectal palpation. In: *Bovine reproduction*, First edition. R.M. Hopper (ed.). John Wiley & Sons, Inc., 2015: 314-319 (doi: 10.1002/9781118833971.ch34).
 28. Nakao T., Sato T., Moriyoshi M., Kawata K. Plasma cortisol response in dairy cows to vaginoscopy, genital palpation per rectum and artificial insemination. *Zentralblatt für Veterinärmedizin. Reihe A*, 1994, 41(1): 16-21 (doi: 10.1111/j.1439-0442.1994.tb00060.x).
 29. Giese H., Dilly M., Gundelach Y., Hoffmann G., Schmicke M. Influence of transrectal palpation training on cortisol levels and heart rate variability in cows. *Theriogenology*, 2018, 119: 238-244 (doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.07.016).
 30. Kovács L., Tózsér J., Szenci O., Póti P., Kézér F.L., Ruff F., Gábel-Tózsér G., Hoffmann D., Bakony M., Jurkovich V. Cardiac responses to palpation per rectum in lactating and nonlactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(11): 6955-6963 (doi: 10.3168/jds.2014-8327).
 31. Pilz M., Fischer-Tenhagen C., Grau M., Heuwieser W. Behavioural and physiological assessment of stress reactions during vaginal examination in dairy cows. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere — Nutztiere*, 2014, 42(2): 88-94 (doi: 10.1055/s-0038-1623211).
 32. Alvi M.A., Khan R., Ullah N., Ihtisham-ul-Haq M. Measurement of stress level in buffaloes by the effect of repeated rectal palpation in teaching environment. *Pakistan Journal of Science*, 2023, 75(02): 398-418 (doi: 10.57041/pjs.v75i02.862).
 33. Grzeczka A., Wozniak G., Graczyk S., Wyszowska J. Effect of rectal examination on the behavior of multiparous cows (*Bos taurus taurus*) assessed on the basis of selected stress indicators. *Medycyna Weterynaryjna*, 2025, 81(3): 108-114 (doi: 10.21521/mw.6984).
 34. López S.R. Ovum Pick-Up (OPU) in cattle: an update. In: *Biotechnologies applied to animal reproduction. First edition*. J.C. Gardón, K. Satué (eds.). Apple Academic Press, NY, 2020: 139-183 (doi: 10.1201/9780367817527-7).
 35. Chinarov R.Yu., Lukanina V.A., Pozyabin S.V., Singina G.N. The influence of individual features and

- the breed of donor heifers on the efficiency of oocyte retrieval by ovum pick-up. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2022, 57(6): 1188-1196 (doi: 10.15389/agrobiology.2022.6.1188rus).
36. Petyim S., Bege R., Madej A., Larsson B. Ovum pick-up in dairy heifers: Does it affect animal well-being? *Reproduction in Domestic Animals*, 2007, 42: 623-632 (doi: 10.1111/j.1439-0531.2006.00833.x).
 37. Chastant-Maillard S., Quinton H., Lauffenburger J., Cordonnier-Lefort N., Richard C., Marchal J., Mormede P., Renard J.P. Consequences of transvaginal follicular puncture on well-being in cows. *Reproduction*, 2003, 125: 555-563 (doi: 10.1530/rep.0.1250555).
 38. Bomzon A. Pain and stress in cattle: a personal perspective. *Israel Journal of Veterinary Medicine*, 2011, 66(2): 12-20.
 39. Pisarenko A.V. Heat tolerance of cattle and the influence of heat stress on economically useful traits (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2025, 60(2): 199-219 (doi: 10.15389/agrobiology.2025.2.199rus).
 40. Mičić N., Bogdanovi V., Stanojevi D., Gavran M., Samardžija M., Kostelić A., Gantner V. Comprehensive review of heat stress effects on dairy cattle: the implications for production, reproduction, and adaptation in the context of climate change. *Veterinarski Arhiv*, 2025, 95(4): 365-380 (doi: 10.24099/vet.arhiv.2788).
 41. Dash S., Chakravarty A.K., Singh A., Upadhyay A., Singh M., Yousuf S. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. *Veterinary World*, 2016, 9(3): 235-244 (doi: 10.14202/vetworld.2016.235-244).
 42. Wang J., Li J., Wang F., Xiao J., Wang Y., Yang H., Li S., Cao Z. Heat stress on calves and heifers: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2020, 11: 79 (doi: 10.1186/s40104-020-00485-8).
 43. Szalai S., Bodnár Á., Fébel H., Bakony M., Jurkovich V. Effects of heat stress on estrus expression and pregnancy in dairy cows. *Animals*, 2025, 15: 1688 (doi: 10.3390/ani15121688).
 44. De Rensis F., Saleri R., Garcia-Ispuerto I., Scaramuzzi R., López-Gatius F. Effects of heat stress on follicular physiology in dairy cows. *Animals*, 2021, 11: 3406 (doi: 10.3390/ani11123406).
 45. Gendelman M., Aroyo A., Yavin S., Roth Z. Seasonal effects on gene expression, cleavage timing, and developmental competence of bovine preimplantation embryos. *Reproduction*, 2010, 140: 73-82 (doi: 10.1530/REP-10-0055).
 46. Edwards J.L., Saxton A.M., Lawrence J.L., Payton R.R., Dunlap J.R. Exposure to a physiologically relevant elevated temperature hastens in vitro maturation in bovine oocytes. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88(12): 4326-4333 (doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73119-2).
 47. Singh M., Chaudhari B.K., Singh J.K., Singh A.K., Maurya P.K. Effects of thermal load on buffalo reproductive performance during summer season. *Journal of Biological Sciences*, 2013, 1: 1-8.
 48. Khodaei-Motlagh M.M., Zare Shahneh A., Masoumi R., Derensis F. Alterations in reproductive hormones during heat stress in dairy cattle. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 10: 5552-5558.
 49. Roman-Ponce H., Thathe W.W., Caton D., Barron D.H., Wilcox C.J. Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 1978, 46(1): 175-180 (doi: 10.2527/jas1978.461175x).
 50. Mondal S., Mor A., Reddy I.J., Nandi S., Gupta P.S.P. Effect of heat exposure on prostaglandin production and expression of COX-2, PGES, PGFS, ITGAV and LGALS15 mRNAs in endometrial epithelial cells of buffalo (*Bubalus bubalis*). *Molecular Biology Reports*, 2024, 51(1): 405 (doi: 10.1007/s11033-024-09361-4).
 51. Succu S., Sale S., Ghirello G., Ireland J., Evans A., Atzori A., Mossa F. Exposure of dairy cows to high environmental temperatures and their lactation status impairs establishment of the ovarian reserve in their offspring. *Journal of Dairy Science*, 2020, 103(12): 11957-11969 (doi: 10.3168/jds.2020-18678).
 52. Badinga L., Collier R.J., Thatcher W.W., Wilcox C.J. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. *Journal of Dairy Science*, 1985, 68(1): 78-85 (doi: 10.3168/jds.S0022-0302(85)80800-6).
 53. Macedo G.G., Zúccari C.E.S.N., de Abreu U.G.P., Negro J.A., da Costa e Silva E.V. Human-animal interaction, stress, and embryo production in *Bos indicus* embryo donors under tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 2011, 43: 1175-1182 (doi: 10.1007/s11250-011-9820-6).
 54. Creamer M., Horback K. Researching human-cattle interaction on rangelands: challenges and potential solutions. *Animals*, 2021, 11: 725 (doi: 10.3390/ani11030725).
 55. Acharya R.Y., Hemsworth P.H., Coleman G.J., Kinder J.E. The animal-human interface in farm animal production: animal fear, stress, reproduction and welfare. *Animals (Basel)*, 2022, 12(4): 487 (doi: 10.3390/ani12040487).
 56. Zhuchav K.V., Kochneva M.L., Borisenko E.A. Welfare of productive animals (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2024, 59(6): 1025-1038 (doi: 10.15389/agrobiology.2024.6.1025rus).
 57. Waiblinger S., Menke C., Korff J. & Bucher A. Previous handling and gentle interactions affect

- behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Applied Animal Behaviour Science*, 2004, 85(1): 31-42 (doi: 10.1016/j.applanim.2003.07.002).
58. Schmied C., Boivin X., Waiblinger S. Stroking different body regions of dairy cows: Effects on avoidance and approach behavior toward humans. *Journal of Dairy Science*, 2008, 91: 596-605 (doi: 10.3168/jds.2007-0360).
 59. Lürzel S., Barth K., Windschnurer I., Futschik A., Waiblinger S. The influence of gentle interactions during milking on dairy cows' avoidance distance and milk yield, flow and composition. *Animal*, 2018, 12: 340-349 (doi: 10.1017/S1751731117001495).
 60. Durocher J., Morin N., Blondin P. Effect of hormonal stimulation on bovine follicular response and oocyte developmental competence in a commercial operation. *Theriogenology*, 2006, 65(1): 102-115 (doi: 10.1016/j.theriogenology.2005.10.009).
 61. Gou K.-M., Guan H., Bai J.-H., Cui X.-H., Wu Z.-F., Yan F.-X., An X.-R. Field evaluation of juvenile in vitro embryo transfer (JIVET) in sheep. *Animal Reproduction Science*, 2009, 112(3-4): 316-324 (doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.05.008).
 62. Hafez Y.M. Assisted reproductive technologies in farm animals. *Proc. of the 2nd International Conference on the Modern Approaches in Livestock's Production Systems (ICMALPS)*. Alexandria University, Egypt, 2015: 91-1184.
 63. Rhinehart J., Pohler K., Anderson L. Physiological factors affecting success to reproductive technologies. In: *Applied reproductive strategies in beef cattle*. Iowa, 2016: 6-16.
 64. Singina G.N., Chinarov R.Yu., Shedova E.N. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2023, 37(11): 59-64 (doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_59) (in Russ.).
 65. Dehdehi L., Novin M.G., Sadeghi Y. Chronic stress diminishes the oocyte quality and in vitro embryonic development in maternally separated mice. *International Journal of Women's Health and Reproduction Sciences*, 2020, 8(1): 29-36 (doi: 10.15296/ijwhr.2020.04).
 66. Lebedeva D.A., Igonina T.N., Brusentsev E.Yu., Shavshaeva N.A., Amstislavskiy S.Ya. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2024, 110(6): 930-944 (doi: 10.31857/S0869813924060044) (in Russ.).
 67. Sun J., Guo Y., Zhang Q., Bu S., Li B., Wang Q., Lai D. Chronic restraint stress disturbs meiotic resumption through APC/C-mediated cyclin B1 excessive degradation in mouse oocytes. *Cell Cycle*, 2018, 17(13): 1591-1601 (doi: 10.1080/15384101.2018.1471316).
 68. Casillas F., Flores-González A., Juárez-Rojas L., López A., Betancourt M., Casas E., Bahena I., Bonillac E. Chronic stress decreases fertility parameters in female rats. *Systems Biology in Reproductive Medicine*, 2023, 69(3): 234-244 (doi: 10.1080/19396368.2023.2171822).
 69. Chen R.R., Wang J., Zhang M., Kong Q.Q., Sun G.Y., Jin C.H., Luo M.J., Tan J.H. Restraint stress of female mice during oocyte development facilitates oocyte postovulatory aging. *Aging (Albany NY)*, 2022, 14(22): 9186-9199 (doi: 10.18632/aging.204400).
 70. Zhao L.H., Cui X.Z., Yuan H.J., Liang B., Zheng L.L., Liu Y.X., Luo M.J., Tan J.H. Restraint stress inhibits mouse implantation: temporal window and the involvement of HB-EGF, estrogen and progesterone. *PLoS ONE*, 2013, 8(11): e80472 (doi: 10.1371/journal.pone.0080472).
 71. Shiryaev G.V., Prituzhalova A.O., Nikitin G.S., Nikitkina E.V., Musidray A.A., Alekseeva A.Yu. The influence of various kisspeptins on the reproductive function of *Bos taurus* (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2023, 58(6): 974-989 (doi: 10.15389/agrobology.2023.6.974rus).
 72. Domes G., Linnig K., von Dawans B. Gonads under stress: a systematic review and meta-analysis on the effects of acute psychosocial stress on gonadal steroids secretion in humans. *Psychoneuroendocrinology*, 2024, 164: 107004 (doi: 10.1016/j.psyneuen.2024.107004).
 73. Dobson H., Smith R.F. Stress and reproduction in farm animals. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*, 1995, 49: 451-461.
 74. Cook D.L., Winters T.A., Horstman L.A., Allrich R.D. Influence of cortisol and dexamethasone on estrous behavior of estradiol-treated ovariectomized cows and heifers. *Journal of Dairy Science*, 1987, 70: 181-185 (doi: 10.3168/jds.S0022-0302(87)79992-5).
 75. Walker S.L., Smith R.F., Jones D.N., Routly J.E., Dobson H. Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle. *Hormones and Behavior*, 2008, 53(3): 493-501 (doi: 10.1016/j.yhbeh.2007.12.003).
 76. Wei Y., Li W., Meng X., Zhang L., Shen M., Liu H. Corticosterone injection impairs follicular development, ovulation and steroidogenesis capacity in mice ovary. *Animals*, 2019, 9: 1047 (doi: 10.3390/ani9121047).
 77. Kala M., Nivsarkar M. Role of cortisol and superoxide dismutase in psychological stress induced anovulation. *General and Comparative Endocrinology*, 2016, 225: 117-124 (doi: 10.1016/j.ygcen.2015.09.010).
 78. Mahdy A.K.H., da Silva M.H.M., da Silva F.M. Effect of cortisol on bovine oocytes maturation and further embryonic development after in vitro fertilization. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 2018, 10(4): 8029-8034 (doi: 10.26717/BJSTR.2018.10.001998).
 79. Burkuš J., Kačmarová M., Kubandová J., Kokošová N., Fabianová K., Fabian D., Koppel J., Čikoš Š. Stress exposure during the preimplantation period affects blastocyst lineages and offspring development. *The Journal of Reproduction and Development*, 2015, 61(4): 325-331 (doi:

- 10.1262/jrd.2015-012).
80. Wahl F., Huo J., Du S., Schoen J., Chen S. Maternal stress and the early embryonic microenvironment: investigating long-term cortisol effects on bovine oviductal epithelial cells using air-liquid interface culture. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2024, 15: 129 (doi: 10.1186/s40104-024-01087-4).
 81. Faria N., Pacheco-Lima J., Moreira da Silva M.H., Borba A., Moreira da Silva J.F. Effects of cortisol levels on reproductive success in cattle of different temperaments during fixed-time artificial insemination (FTAI). *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2024, 12(1): 2024002 (doi: 10.31893/jabb.2024002).
 82. Arck P. Stress et implantation [Stress and embryo implantation]. *Journal de Gynecologie, Obstetrique et Biologie de la Reproduction (Paris)*, 2004, 33(1/Pt 2): S40-42 (doi: 10.1016/s0368-2315(04)96404-6).
 83. Kasimanickam R., Schroeder S., Assay M., Kasimanickam V., Moore D., Gay J., Whittier W. Influence of temperament score and handling facility on stress, reproductive hormone concentrations, and fixed time AI pregnancy rates in beef heifers. *Reproduction in Domestic Animals*, 2014, 49: 775-782 (doi: 10.1111/rda.12368).
 84. Kasimanickam V., Abdel Aziz R., Williams H., Kasimanickam R. Predictors of beef calf temperament at weaning and its impact on temperament at breeding and reproductive performance. *Reproduction in Domestic Animals*, 2018, 53(2): 484-494 (doi: 10.1111/rda.13135).
 85. Kovács L., Kézér F.L., Kulcsár-Huszenicza M., Ruff F., Szenci O., Jurkovich V. Hypothalamic-pituitary-adrenal and cardiac autonomic responses to transrectal examination differ with behavioral reactivity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99(9): 7444-7457 (doi: 10.3168/jds.2015-10454).
 86. Cooke R.F., Arthington J.D., Araujo D.B., Lamb G.C. Effects of acclimation to human interaction on performance, temperament, physiological responses, and pregnancy rates of Brahman-crossbred cows. *Journal of Animal Science*, 2009, 87(12): 4125-4132 (doi: 10.2527/jas.2009-2021).
 87. Heck A.L., Handa R.J. Sex differences in the hypothalamic-pituitary-adrenal axis' response to stress: an important role for gonadal hormones. *Neuropsychopharmacology*, 2019, 44(1): 45-58 (doi: 10.1038/s41386-018-0167-9).
 88. Zuloaga D.G., Heck A.L., De Guzman R.M., Handa R.J. Roles for androgens in mediating the sex differences of neuroendocrine and behavioral stress responses. *Biology of Sex Differences*, 2020, 11(1): 44 (doi: 10.1186/s13293-020-00319-2).
 89. Viau V., Meaney M.J. Variations in the hypothalamic-pituitary-adrenal response to stress during the estrous cycle in the rat. *Endocrinology*, 1991, 129(5): 2503-2511 (doi: 10.1210/endo-129-5-2503).
 90. Nickolov V., Ivanova E. Influence of stress with different power and time of action on reproduction performance in bulls. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 1995, 1: 329-335.
 91. Pérez-Garnelo S.S., Utrilla M.J., Fernández-Novo A., Revilla-Ruiz Á., Villagrà A., Astiz S. Effect of stress on reproduction and reproductive technologies in male and female, beef and dairy cattle. In: *Assisted reproductive technologies in animals V. I*. J.C. Gardón, K. Satué Ambrojo (eds.). Springer, Cham, 2024: 127-193 (doi: 10.1007/978-3-031-73079-5_6).
 92. Mustl E., Choi H.S., Bamberg E. Stimulation of androgen and oestrogen concentrations in plasma of cows after administration of a synthetic glucocorticoid (flumethasone) at the end of gestation. *The Journal of Endocrinology*, 1985, 105(1): 121-126 (doi: 10.1677/joe.0.1050121).
 93. Spicer L.J., Zinn S.A. Relationship between concentrations of cortisol in ovarian follicular fluid and various biochemical markers of follicular differentiation in cyclic and an ovulatory cattle. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1987, 81: 221-226 (doi: 10.1530/jrf.0.0810221).
 94. Dong J., Li J., Li J., Cui L., Meng X., Qu Y., Wang H. The proliferative effect of cortisol on bovine endometrial epithelial cells. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2019, 17(1): 97 (doi: 10.1186/s12958-019-0544-1).
 95. Abilov A.I., Gudilina A.A., Kombarova N.A., Turbina V.V., Korneenko-Zhilyaev Yu.A. Cortisol as a marker of physiological stress in *Bos taurus* sires. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2024, 59(2): 301-315 (doi: 10.15389/agrobiol.2024.2.301rus).