
**ПАТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ И
ТОКСИКОЛОГИЯ/ANIMAL PATHOLOGY, MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY, PHARMACOLOGY AND
TOXICOLOGY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.27>

**МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ И ГИСТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАЦЕНТЫ СЕВЕРНЫХ
ДОМАШНИХ ОЛЕНЕЙ (*RANGIFER TARANDUS*)**

Научная статья

Авдеенко В.С.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-6154-275X;

¹ Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (avdeenko0106[at]mail.ru)

Аннотация

Фрагменты плаценты (толщиной от 5 мм и площадью до 3 см²), полученные от северных домашних оленей (*rangifer tarandus*), фиксировали в 10% забуференном формалине HistoSafe, затем обезжизняли в растворе Изопреп с последовательным увеличением концентрации и заливали в парафин Гистомикс. Микрофотографии анализировали статистически, используя среднее значение и стандартное отклонение для непрерывных данных и межквартильный размах для категориальных. Статистическая значимость определялась при $p < 0,05$. Расчеты проводились в программах IBM SPSS Statistics 26 и Microsoft Excel. Впервые у северных домашних оленей установлена способность мезенхимальных стромальных клеток проявлять пластичность, характерную для мезенхимально-эпителиального перехода. В плаценте северного домашнего оленя на последних сроках гестации установлено частичное разрушение эпителия амниона с образованием вакуолей. Клетки цитотрофобласта имеют вид кубических, округло-овальных, уплощенных и полигональных клеток со скудной и умеренной по объему цитоплазмой, нередко включающей мелкокапельные вакуоли, вследствие чего некоторые клетки приобретают просветленный вид, а также с небольшими и средними по размеру ядрами. Под ним располагается пластинка из ПВСТ. Клетки фибробластического ряда карункулов материнской части плаценты северного домашнего оленя (*rangifer tarandus*) с умеренной и выраженной внутриклеточной вакуолизацией, вследствие чего они приобретают перстневидную и просветленную морфологию, что указывает на вакуольную дистрофию клеток эпителия ворсин хориоаллантаиса. В плацентомных срезах отмечается вакуольная дистрофия фибробластов материнской части плаценты, проявляющаяся в вакуолизации и изменении формы клеток (перстневидные, просветленные). Полнокровие капиллярной сети, умеренная лимфоцитарная инфильтрация соединительной ткани ворсин хориоаллантаиса. Кроме того, выявили полиморфную инфильтрацию соединительной ткани ворсин и стромы карункулов в плацентах и выраженную гиперемию капилляров ворсин, а также вакуолизацию и просветление клеток эпителия ворсин хориоаллантаиса.

Ключевые слова: важенка, северный домашний олень, плацента, гистохимия, морфометрия, репродукция.

**MORPHOMETRIC AND HISTOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE PLACENTA OF NORTHERN
DOMESTIC REINDEER (*RANGIFER TARANDUS*)**

Research article

Avdeenko V.S.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-6154-275X;

¹ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (avdeenko0106[at]mail.ru)

Abstract

Placenta fragments (5 mm thick and up to 3 cm² in area) obtained from northern reindeer (*Rangifer tarandus*) were fixed in 10% buffered HistoSafe formalin, then dehydrated in a solution of Isoprep with a gradual increase in concentration and poured into Histomix paraffin. Micrographs were analysed statistically using the mean and standard deviation for continuous data and the interquartile range for categorical data. Statistical significance was determined at $p < 0.05$. Calculations were performed using IBM SPSS Statistics 26 and Microsoft Excel software. For the first time in northern domestic deer, the ability of mesenchymal stromal cells to exhibit plasticity characteristic of mesenchymal-epithelial transition has been established. In the placenta of northern domestic deer in the late stages of gestation, partial destruction of the amnion epithelium with the formation of vacuoles has been established. The cytotrophoblast cells are cubic, rounded-oval, flattened, and polygonal with sparse and moderate cytoplasm, often containing small vacuoles, which gives some cells a translucent appearance, as well as small and medium-sized nuclei. Underneath it is a plate made of PVST. Fibroblastic cells of the caruncles of the maternal part of the placenta of the northern domestic deer (*rangifer tarandus*) with moderate and pronounced intracellular vacuolisation, as a result of which they acquire a ring-shaped and lightened morphology, indicating vacuolar dystrophy of the epithelial cells of the chorion-allantois villi. Placental sections show vacuolar dystrophy of fibroblasts of the maternal part of the placenta, manifested in vacuolisation and changes in cell shape (ring-shaped, translucent). The capillary network is hyperemic, with moderate lymphocytic infiltration of the connective tissue of the chorion villi. In addition, polymorphic infiltration of the

connective tissue of the villi and stroma of the caruncles in placentomas and pronounced hyperemia of the capillaries of the villi, as well as vacuolisation and clearing of the epithelial cells of the chorion villi, were detected.

Keywords: female reindeer, northern domestic deer, placenta, histochemistry, morphometry, reproduction.

Введение

Существенное снижение племенного поголовья северных домашних оленей (*Rangifer tarandus*), приобретают особо важное государственное значение в аграрных предприятиях и домохозяйствах территории Республики Саха (Якутия) Российской Федерации [1], [2]. В первую очередь это связано с вопросами репродукции и ведения селекционно-племенной работы [3]. Одним из наиболее распространенных репродуктивных патологий у племенных оленей является бесплодие важенок и рождение нежизнеспособного молодняка — мультисистемных заболеваний, главной причиной которых является нарушения обмена веществ, гомеостаза и плацентации в период беременности, которое приводят к репродуктивным патологиям в родах и после родов [4]. Однако этиология и патогенез плацентарной недостаточности остаются вне сферы интересов исследователей.

Современные исследования в области междисциплинарных фундаментальных достижений в области геномной селекции, иммунологии, гистологии и цитологии доказывают, что оптимальным прогностическим признаком возникших репродуктивных патологий, являются геномные и клеточные молекулярные нарушения [5], [6]. Для выявления молекулярных биомаркеров ответственных за данный процесс в научных исследованиях применяются гистохимические методы биоматериала, (плацента), а полученные результаты обладают предиктивной способностью, что позволит создать диагностические тест-системы для устранения негативных явлений. В исследованиях [7], [8] плаценты у импал выявлено, что её макроскопическая и гистологическая структура, а также иммуногистохимические свойства демонстрируют значительные различия между плацентами жвачных животных. Авторы [9], [10] указывают на то, что плацента антилопы гну была типично синэпителиохориальной макрокотиледональной у жвачных животных с многочисленными плоскими плацентомами, развивающимися в головном роге и ни материнское желтое тело, ни аллантоис не показали иммуногистохимического окрашивания на цитохром P450 ароматазу.

Развивающаяся плацентарная недостаточность, не только негативно влияет на рост и развитие плода, но и снижает продуктивность животных, что, в итоге, приводит к значительным экономическим потерям [11], [12]. Известно несколько факторов риска, которые predispose к бесплодию на почве осложненной беременности, но объединяющий патогенез остается неуловимым из-за его многофакторной этиологии и плохо поддающимся корреляциями. В исследованиях [13], [14], [15], с помощью гистологии, иммуногистохимии и зимографии были проанализированы различные молекулы внеклеточного матрикса (металлопротеиназы, их ингибиторы и фибриллярные компоненты) в трёх сегментах матки (краниальном, среднем и каудальном) взрослых вискачей. Установлено, что изменения в матриксе эндометрия матки по краниокаудальной оси могут способствовать процессам ремоделирования матки, которые регулируют выживаемость эмбриона во время беременности [16], [17], [18]. Кроме того, в научной литературе отсутствуют экспериментальные данные о том, какие молекулярные механизмы лежат в основе патогенеза патологического состояния важенок, связанного с нарушением плацентации и последних сроках гестации.

Морфологические параметры определения степени достаточности плаценты включают такие критерии:

- иммуномодулирующие свойства эпителиальных и мезенхимальных клеток в период имплантации и последующих сроков гестации;
- метаболизм системы «мать-плацента-плод» и митотический индекс клеток синэпителиохориальной плаценты жвачных на последних сроках периода беременности и непосредственно в родах;
- наличие выраженности фокусов апаптоза эпителиально-мезенхимных клеток синцитиотрофобластов на последних сроках гестации и в процессе родов. Заполнение пробелов в данной области знаний позволит установить основополагающие процессы, принимающие прямое или опосредованное участие в патогенезе плацентарной недостаточности и механизма развития репродуктивных патологий у самок и убоятия из воспроизводства.

Цель исследования состоит из изучения морфометрической и гистохимической характеристики плаценты северных домашних оленей (*rangifer tarandus*).

Методы и принципы исследования

Для гистологического анализа были отобраны фрагменты плаценты толщиной не менее 5 мм и площадью до 3 см². Первым этапом была фиксация образцов в 10% нейтральном забуференном формалине HistoSafe (ООО «ЭргоПродакшн», Россия) на 24 часа. Затем проводилось обезживание с использованием раствора Изопреп (ООО «ЭргоПродакшн», Россия), где образцы последовательно проходили через серии с возрастающей концентрацией реагента, по 30 минут в каждой. Следующим шагом было уплотнение материала в двух сериях парафиновых сред Гистомикс (ООО «ЭргоПродакшн», Россия), каждая продолжительностью 50 минут. Для получения тонких срезов использовался ротационный микротом «Ротмик-2» (ЗАО «Орион Медик», Россия), с толщиной срезов 5 мкм. Готовые срезы наносились на предметные стекла и подвергались окрашиванию. Для общего обзора применялись стандартные методы (гематоксилин и эозин, ООО «ЭргоПродакшн», Россия), а для выявления специфических компонентов — специальные методики: альциановый синий для кислых гликозаминогликанов и ШИК-реакция для нейтральных гликозаминогликанов (ООО «ЭргоПродакшн», Россия), в соответствии с установленными протоколами.

При статистической обработке данных применяли описательную статистику (среднее значение ± стандартное отклонение для нормально распределенных непрерывных переменных и межквартильный размах для категориальных переменных) рассчитывали для каждой группы. Все непрерывные переменные проверяли на нормальность с использованием теста Колмогорова-Смирнова для визуальных микрофотографий. Категориальные данные оценивали с помощью теста Фишера, когда предполагаемое число клеток было <5. Результат считался статистически достоверным

значимым при уровне значимости $p < 0,05$. Все анализы проводили с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 26 («IBM Corp.», США), Microsoft Excel 2000 SPSS 10.0.5 for Windows.

Основные результаты

Топологические свойства полученных количественных данных показал, что у важенок северных домашних оленей на финальных этапах гестации плацентомы приобретают выпуклую форму и достигают значительных размеров (в среднем 14,6 на 8,67 см). При этом их общее количество сокращается до 4-7 единиц, рис. 1.



Рисунок 1 - Олигокотиледонная анатомическая структура плаценты важенок северного домашнего оленя после отделения

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.27.1>

Анатомический анализ данных свидетельствует о том, что масса последа (хориональная, аллантоисная и амниотическая) у важенок на последних сроках гестации составляет в среднем $5,78 \pm 0,74$ кг, а живая масса тугута колебалась от 8,4 кг до 11,2 кг. По сравнению с подобными структурами плаценты у других жвачных животных, где карункулы и котиледоны, как правило, имеют эллипсоидную правильную форму в количестве в среднем от 70 до 120 штук, плацентомы важенок северных домашних оленей имеют уникальные морфологические особенности.

Для плаценты важенок северного домашнего оленя (*Rangifer tarandus*) характерно формирование отделяющимися ворсины хориоаллантоиса от промежуточной пластины к поверхности определенного участка контакта спланхноплевры аллантоиса с соматоплеврой хориона. Визуализируются выраженные различия в высоте эпителиальных структур ворсин, параметрах ядер ворсин при сравнении хориоаллантоиса смежных участков фетальной части плаценты. В норме хориоаллантоис котилона важенок северных домашних оленей на последних сроках гестации имеет типичную ворсинчатую, сильно разветвленную структуру, основу ворсин составляет рыхлая волокнистая соединительная ткань с фокусами миксоидного строения, рис. 2.

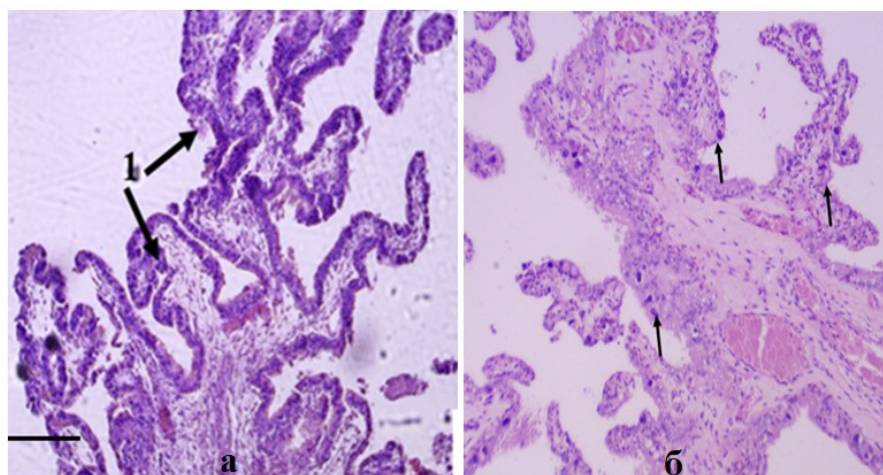


Рисунок 2 - Морфология фрагмента ворсинки хориона

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.27.2>

Примечание: а) ув. 100, окраска гематоксин-эозином, визуализируется плотный слой трофобласта, покрывающий поверхность ворсинки (стрелки); б) ув. 400, окраска гематоксин-эозином, показаны клетки трофобласта, имеющие призматическую форму, с выраженной вакуолизацией цитоплазмы и наличием пигментных включений бурого цвета (стрелки)

В ходе исследования были идентифицированы двуядерные клетки, демонстрирующие различные стадии дифференцировки. Эти клетки, известные как диплокарициты, были обнаружены в значительном количестве среди цилиндрического эпителия, преимущественно на апикальных участках ворсин хориоаллантоиса в пределах фетальной доли плаценты. Среднее число интраэпителиальных капилляров, приходящееся на единицу площади котилона в ворсинах хориоаллантоиса, составило $1,67 \pm 0,48$.

Соединительная ткань, формирующая хориальную пластинку ворсин хориона, на единицу площади котилона характеризовалась повышенной плотностью и обильным содержанием волокнистых элементов, рис. 3а.

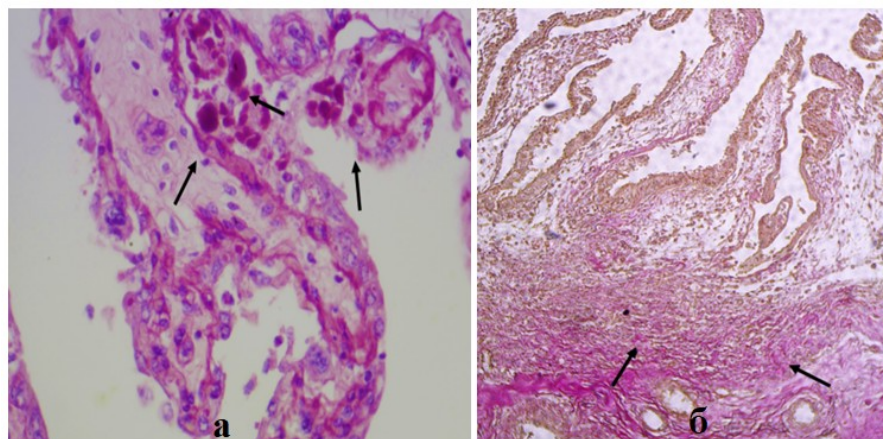


Рисунок 3 - Ворсины хориона:

а) фрагмент: цитоплазма высоких призматических эпителиоцитов содержит ШИК-позитивные включения; б) строма ворсин хориона характеризуется высокой плотностью коллагеновых фибрилл (отмечены стрелками)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.27.3>

Примечание: а – применялась комбинированная гистохимическая окраска (альциановый синий, ШИК-реакция) с последующей ядерной окраской гематоксилином Майера, увеличение $\times 400$; б – окраска по Ван-Гизону, увеличение $\times 100$

Данные структуры образуют пучки, расположенные перпендикулярно ходу ворсин, которые организованы в группы, ориентированные под прямым углом к направлению ворсин, рис., б. Среди этих групп видны фибробласты, а также клетки, напоминающие макрофаги, отличающиеся пенистой цитоплазмой и неровными, волнистыми краями. Фибробласты, расположенные в ворсинах хориона, в центральной части на определенной площади находятся обособленно, соединяясь друг с другом отростками. В поле зрения микроскопа также обнаруживаются клетки, похожие на макрофаги, и различные клеточные элементы крови (рис. 3а). Эти изменения типичны для финальной

стадии беременности и, наряду с локальными проблемами сосудов, являются причиной структурных преобразований плаценты перед родами. Количество капилляров на единицу площади хориона составляет $9,25 \pm 0,86$. Наблюдаются признаки повреждения коллагеновых волокон, а также формирование небольших участков, окрашивающихся пикриновой кислотой (пикринофилия), рис. 3б. Это указывает на глубокие молекулярные изменения в коллагеновых волокнах структур аллантохориона.

На внутренней поверхности амниотической оболочки, обращенной к плоду, находились призматические эпителиальные клетки. В их верхней части была обнаружена плотная сеть мелких выростов (микроворсинок), рис. 4а.

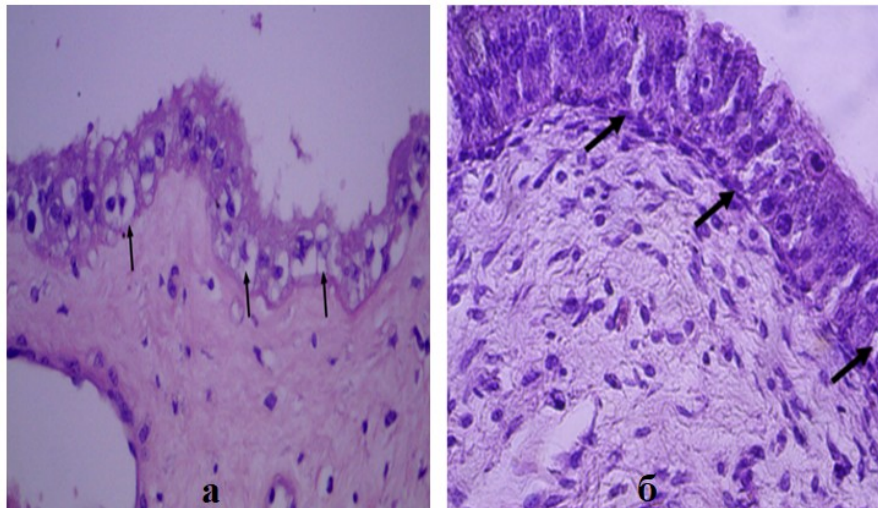


Рисунок 4 - Фетальная часть плаценты северного домашнего оленя на последних сроках гестации (эпителий амниона с частичным разрушением и перинуклеарной вакуолизацией, стрелки)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.27.4>

Примечание: окраска гематоксилин и эозин; увеличение: а – $\times 100$; б – $\times 400$

Сама амниотическая оболочка была довольно толстой и состояла из плотного сплетения тонких коллагеновых волокон (рис. 4б). Между этими волокнами встречались единичные фибробласты и клетки, похожие на макрофаги.

Подавляющее большинство ворсинок хориона покрыто характерным двухслойным эпителием, (трофобластом). Этот трофобласт состоит из двух слоев: внутреннего цитотрофобласта и наружного синцитиотрофобласта. Далее следует хориальная пластинка, образованная рыхлой волокнистой соединительной тканью (РВСТ). Клетки цитотрофобласта отличаются разнообразием: они могут быть кубическими, округло-овальными, иметь три ядра (трехъядерные), быть уплощенными или крупными с двумя ядрами (двухъядерные гигантские). Также встречаются клетки фибробластического ряда, в которых из-за скопления пузырьков (вакуолей) внутри они приобретают вид колец (перстневидная морфология) или становятся более прозрачными (просветленная морфология). Эти изменения указывают на дистрофические процессы, связанные с образованием вакуолей, в клетках эпителия ворсин хориона, что проиллюстрировано на рис. 4.

Отмечается рассеянная полиморфноклеточная инфильтрация в рыхлой волокнистой соединительной ткани ворсин хориона и стромальных элементах. Наблюдается резко выраженная гиперемия капиллярного русла ворсин. Эпителий ворсин хориона кубический, с умеренной внутриклеточной вакуолизацией, поэтому клетки приобретают перстневидную и просветленную морфологию, рис. 5а.

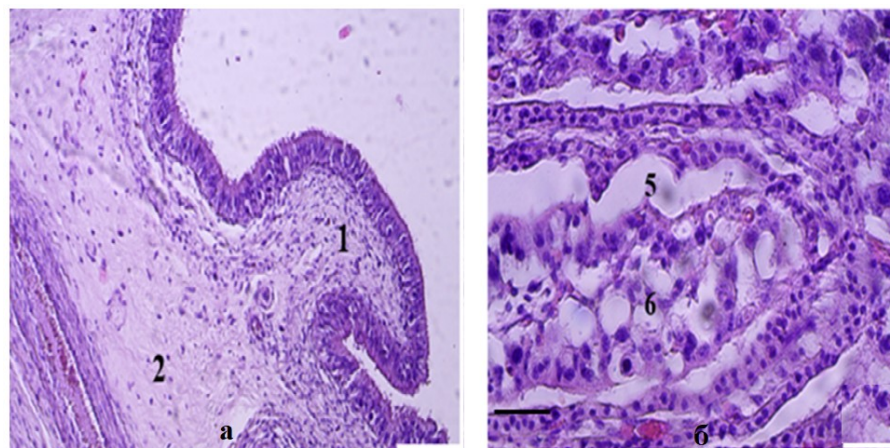


Рисунок 5 - Плацентома, поперечный срез карункула с котиледоном северного домашнего оленя на последних сроках гестации:

1 – крипты; 2 – ворсины хориона; 5 – отслаивание эпителия; 6 – вакуолизация клеток ПВСТ ворсин хориона

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.27.5>

Примечание: окраска гематоксилин и эозин; увеличение: а – $\times 40$, б – $\times 400$,

Клетки фибробластического ряда с умеренной и выраженной внутриклеточной вакуолизацией, вследствие чего они приобретают перстневидную и просветленную морфологию, что указывает на вакуольную дистрофию клеток эпителия ворсин хориона. В отдельных случаях отмечается нарушение клеточных групп с подлежащей соединительной тканью (отслаивание эпителия). Субэпителиально располагается широкая, разветвленная капиллярная сеть с хорошо выраженным полнокровием, рис. 5б. Основная роль плаценты — обеспечение связи между матерью и плодом. Хорионаллантоисная плацента у эутериев имеет разные типы строения, зависящие от количества клеточных слоев в межгемальной области [17], [21]. Выделяются три основных типа: эпителиохориальный (лошади, свиньи, жвачные), эндотелиохориальный (плотоядные) и гемохориальный (приматы, грызуны, кролики). Количество слоев влияет на проницаемость плаценты и транспорт питательных веществ, что важно учитывать при изучении токсикологических воздействий на репродуктивную систему и развитие [18], [22]. В проводимых исследованиях обнаружено, что в фетальной части плаценты северных домашних оленей (*Rangifer tarandus*) эпителий амниона однослойный призматический с признаками частичного разрушения. Клетки цитотрофобласта имеют разнообразную форму: от кубической и округло-овальной до уплощенной и полигональной.

Цитоплазма в этих клетках содержится в небольшом или умеренном количестве и часто содержит мелкие вакуоли, из-за чего некоторые клетки выглядят светлыми. Ядра клеток небольшие или средние по размеру. Под слоем цитотрофобласта находится пластинка из рыхлой волокнистой соединительной ткани (ПВСТ), что подтверждается данными других исследований [9], [19]. Фибробласты в материнской части плаценты северного оленя характеризуются умеренной или выраженной вакуолизацией (образованием вакуолей внутри клеток). Это приводит к тому, что клетки приобретают вид «перстневидных» или просветленных, что указывает на вакуольную дистрофию клеток эпителия ворсин хориоаллантоиса. Под эпителием располагается густая, разветвленная сеть капилляров с выраженным полнокровием (гиперемией). В соединительной ткани и стромах ворсин хориоаллантоиса котиледона наблюдается инфильтрация лимфоцитами, варьирующая от слабой до умеренной. В плацентах отмечается рассеянная инфильтрация различными типами клеток в рыхлой волокнистой соединительной ткани ворсин хориоаллантоиса котиледонов и стромальных элементах крипт карункулов. Капиллярное русло ворсин котиледонов сильно переполнено кровью (резко выраженная гиперемия). Эпителий ворсин хориоаллантоиса состоит из кубических клеток с умеренной вакуолизацией, что придает им «перстневидный» или просветленный вид. В работе [3], [14], посвященной водяному оленю, отмечается сходство его морфологических характеристик с северным оленем (*R. tarandus tarandus*). Плацентомы у этого вида имеют овальную форму и характеризуются разветвленной структурой ворсин, разделенных на три слоя: глубокий, средний и поверхностный. Биноклеарные клетки трофобласта (BNC) преимущественно располагаются в глубоком слое, что подтверждает синепителиохориальный тип плаценты.

Исследования [10], [11] нормальной плаценты крупного рогатого скота в период родов, включающие гистологические, гистохимические и электронно-микроскопические методы, показали следующие параметры плацентомы (карункулы и котиледоны) до родов характеризуются тесным контактом трофобласта с криптовым эпителием, образующим четкую границу. На ультраструктурном уровне наблюдается переплетение материнских и плодных микроворсинок, иногда с признаками повреждений и атрофии эпителия. Отделение плаценты происходит без значительного повреждения клеток обоих типов. Трофобласты активно поглощают эритроциты, накапливая железосодержащий пигмент. Плацента жвачных животных характеризуется неоднородностью плацентомов по размеру и количеству, но при этом всегда содержит двуядерные клетки трофобласта (15-20%). Эти клетки, вырабатывающие гормоны, мигрируют и сливаются с клетками матки, формируя тринуклеатные гибридные клетки и синцитиальные бляшки. У разных видов оленей этот процесс изучен недостаточно.

Известно [3], что крупнозернистые лимфоциты обнаруживаются только в плацентальном эпителии и связаны с гибридными структурами, однако их функция остается неясной. Известно, что гипоксия оказывает негативное влияние



на репродуктивные процессы у млекопитающих, приводя к гестационным осложнениям [13]. Исследования адаптации к гипоксии у мышей-оленьих показали, что низкорослые особи при недостатке кислорода страдают от задержки роста плода, в то время как высокогорные особи сохраняют нормальный рост благодаря увеличению объема плаценты, что улучшает обмен веществ. Изменения в экспрессии генов плаценты, многие из которых аналогичны генам человека, участвующим в развитии плаценты [5], позволяют лучше понять общие механизмы адаптации к гипоксии и факторы, влияющие на рост плода. В рамках исследования, матки 25 беременных импал (срок беременности варьировался от 49 до 113 дней из общего срока в 190 дней) были подвергнуты детальному гистологическому и иммуногистохимическому анализу [15], [20]. Было установлено, что аллантохорион плотно прилегает к амниону, но не срастается с ним. Тип плацентации у импалы соответствует таковому у других жвачных животных. Ворсины эмбриональной ткани глубоко внедряются в крипты материнской плаценты. Несмотря на общий тип плацентации, структура и биохимические характеристики плаценты импалы демонстрируют значительные отличия даже в сравнении с другими жвачными животными.

Заключение

1. На поздних сроках беременности у северного домашнего оленя (*Rangifer tarandus*) плацента представлена синэпителиохориально-аллаоисной структурой, и непосредственно в родах происходит отчетливое ремоделирование и потеря адгезии на границе раздела плод-мать.

2. Установили снижение количества плацентом и большую площадь поверхности карункулов и котиленонов в сравнении с другими жвачными животными.

3. В стенках перегородок (септ) между долями плаценты обнаружено свободное расположение ворсинок хорионаллантоиса. Межклеточное вещество этих перегородок содержало много нейтральных мукополисахаридов, в то время как в ворсинках хорионаллантоиса преобладали кислые мукополисахариды.

4. Крипты сливались, образуя структуры, напоминающие железы. В эпителии карункул (выступов на плаценте) наблюдалось уменьшение количества клеток трофобласта с тремя ядрами, а в ворсинках хорионаллантоиса в части плаценты, обращенной к плоду, выявлены признаки вакуольной дистрофии (повреждения).

5. Процесс отделения плодных оболочек во время родов связан с уменьшением активности фибробластов.

6. Трофобласт северных домашних оленей (*Rangifer tarandus*) состоит из двух популяций клеток: неядерных клеток трофобласта и двуядерных гигантских клеток трехядерных гибридных клеток.

4.1. Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки проблемы:

1. Контроль пространственной деградации внеклеточного матрикса и последующее инициирование родового процесса могут осуществляться за счёт взаимодействия плодного и материнского компартментов. При этом механизмы, ответственные за утрату адгезивных свойств плодных оболочек после изгнания плода, в плаценте северного оленя (*Rangifer tarandus*) остаются слабо изученными и не имеют чёткого теоретического обоснования.

2. Установленные в ходе исследований материалы дают основание для разработки ветеринарных технологий краткосрочных прогнозов риска осложнений родов и в дальнейшем репродуктивных патологий, что связано с преждевременным выбытием из маточного стада племенных важенков северного домашнего оленя (*Rangifer tarandus*).

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-16-20118, <https://rscf.ru/project/25-16-20118/>.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 25-16-20118, <https://rscf.ru/project/25-16-20118/>.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Федоров В.И. Особенности течения послеродового периода у важенков северных домашних оленей, её морфофизиология и поведенческие реакции на Северо-Востоке России (Республика Саха) / В.И. Федоров, Е.С. Слепцов, К.В. Племяшов // Генетика и разведение животных. — 2020. — № 3. — С. 99–105. — DOI: 10.31043/2410-2733-2020-3-99-105

2. Додохов В.В. Генетическая характеристика чукотской породы оленей на территории Якутии / В.В. Додохов, Н.И.Павлова, Т.Д. Румянцева [и др.] // Генетика и разведение животных. — 2020. — № 3. — С. 27–32. — DOI: 10.31043/2410-2733-2020-3-27-32

3. Харзинова В.Р. Применение микросателлитов в популяционно-генетических исследованиях северного оленя (*Rangifer tarandus*) (обзор) / В.Р. Харзинова, Н.А. Зиновьева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2024. — Т. 25, № 4. — С. 525–537. — DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.4.525-537

4. Artyushin I. Primer System for Reindeer (*Rangifer tarandus*) Mitochondrial Genome Sequencing / I. Artyushin, E. Konorov, K. Kurbakov, Y. Stolpovsky // Russian Journal of Genetics. — 2021. — Vol. 57, № 1. — P. 110–113. — DOI: 10.31857/S0016675821010033



5. Крутикова А.А. Особенности гормонального фона самок северного оленя (*Rangifer tarandus*) на разных стадиях полового цикла / А.А. Крутикова, А.О. Беликова, Г.К. Пегливанян [и др.] // *Международный вестник ветеринарии*. — 2024. — № 4. — С. 467–473. — DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.467
6. Meng X. Population trends, distribution and conservation status of semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus*) in China / X. Meng, A. Aryal, A. Tait [et al.] // *Journal for Nature Conservation*. — 2014. — Vol. 22, № 6. — P. 539–546. — DOI: 10.1016/j.jnc.2014.08.008
7. Wilkerson C.D. Post-glacial recolonization of insular Newfoundland across the Strait of Belle Isle gave rise to an endemic subspecies of woodland caribou, *Rangifer tarandus terranovae* (Bangs, 1896): Evidence from mtDNA haplotypes / C.D. Wilkerson, S.P. Mahoney, S.M. Carr // *Genome*. — 2018. — Vol. 61, № 8. — P. 575–585. — DOI: 10.1139/gen-2017-0199
8. Holst B.S. Companion animal and equine clinical research: a Nordic perspective / B.S. Holst, A. Engelmann, G. Gröndahl [et al.] // *Acta Veterinaria Scandinavica*. — 2025. — Vol. 67, № 1. — P. 3. — DOI: 10.1186/s13028-024-00787-1
9. Oleński K. Subset of SNPs for parental identification in European Bison Lowland-Białowieża line (*Bison bonasus bonasus*) / K. Oleński, S. Kamiński, M. Tokarska, D.M. Hering // *Conservation Genetics Resources*. — 2018. — Vol. 10. — P. 1–6. — DOI: 10.1007/s12686-017-0768-3
10. Авдеенко В.С. Патоморфологические изменения и иммунолокализация матриксных металлопротеиназ в плаценте коров при задержании последа / В.С. Авдеенко, А.И. Мороз, Д.И. Сафронов [и др.] // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. — 2024. — № 5. — С. 94–101. — DOI: 10.31857/S250020822405019
11. Avdeenko V.S. Metalloproteinase distribution in the intercellular matrix of chorioallantoic villi and caruncular crypts in cows with placental insufficiency / V.S. Avdeenko, M.E. Gorbakov, A.I. Moroz // *Transactions of the Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences*. — 2024. — № 7. — P. 37–46. — DOI: 10.17076/eb1970
12. Ween H. Pregnancy Status of Reindeer Calves (*Rangifer tarandus tarandus*) on Two Occasions During the Winter Season / H. Ween, E. Ropstad, H. Säkkinen [et al.] // *Acta Veterinaria Scandinavica*. — 1999. — Vol. 40. — P. 89–91. — DOI: 10.1186/BF03547045
13. Fedorov V.I. Birth and afterbirth period in mares of the Yakut breed / V.I. Fedorov, E.S. Sleptsov, N.V. Vinokurov [et al.] // *Reproduction in Domestic Animals*. — 2019. — Vol. 54, № 3. — P. 87–88. — DOI: 10.1111/rda.13528
14. Sohn J.H. Morphology of placenta in Korean water deer *Hydropotes inermis argropus* / J.H. Sohn, S. Yamane, Y. Saitoh [et al.] // *Journal of Veterinary Medical Science*. — 2021. — Vol. 83, № 7. — P. 1081–1085. — DOI: 10.1292/jvms.21-0158
15. Wilsher S. Placentation and hormonal maintenance of pregnancy in the impala (*Aepyceros melampus*) / S. Wilsher, R.E.S. Greenwood, G.D. Mahon, W.R. Allen // *Placenta*. — 2020. — Vol. 95. — P. 91–105. — DOI: 10.1016/j.placenta.2020.04.009
16. Wilsher S. Placentation in the blue wildebeest (*Connochaetes taurinus*) / S. Wilsher, F. Stansfield, W.R. Allen // *Placenta*. — 2019. — Vol. 82. — P. 46–56. — DOI: 10.1016/j.placenta.2019.05.008
17. Acuña F. Differential Remodelling of Endometrial Extracellular Matrix in the Non-Pregnant Uterus of *Lagostomus maximus* as a Potential Mechanism Underlying Embryonic Death / F. Acuña, G.S. Gualdoni, F. Rivollier [et al.] // *Animals*. — 2025. — Vol. 15, № 4. — P. 542. — DOI: 10.3390/ani15040542
18. Flamini M.A. Morphological characteristics of the uterus and uterine cervix of the plains viscacha (*Lagostomus maximus*) / M.A. Flamini, C.G. Barbeito, E.L. Portiansky // *Acta Zoologica*. — 2019. — Vol. 101, № 4. — P. 353–365. — DOI: 10.1111/azo.12300
19. Foster A. Reindeer / A. Foster, K. Heawood, M. Ruder, S. Ecroyd // *Deer Veterinary Medicine*. — 2025. — P. 385–394. — DOI: 10.1002/9781394221370.ch31
20. Qumsiyeh M. Adaptive nature of chromosome variation in placental mammals and applicability to domestication and invasiveness / M. Qumsiyeh, E.N. Handal // *Hystrix*. — 2022. — Vol. 33, № 2. — P. 102. — DOI: 10.4404/hystrix-00509-2021
21. Nagy S. Reproduction of male reindeer (*Rangifer tarandus*) / S. Nagy, H. Lindeberg, E. Nikitkina [et al.] // *Animal Reproduction Science*. — 2021. — Vol. 227. — P. 106722. — DOI: 10.1016/j.anireprosci.2021.106722
22. Wilsterman K. Adaptive structural and functional evolution of the placenta protects fetal growth in high-elevation deer mice / K. Wilsterman, E.C. Moore, R.M. Schweizer [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 2023. — Vol. 120, № 25. — P. e2218049120. — DOI: 10.1073/pnas.2218049120

Список литературы на английском языке / References in English

1. Fedorov V. Osobennosti techeniya poslerodovogo perioda u vazhenok severnykh domashnikh oleney, yeyo morfofiziologiya i povedencheskiye reaktsii na Severo-Vostoke Rossii (Respublika Sakha) [Peculiarities of the course of the postpartum period in domestic reindeer females, its morphophysiology and behavioral reactions in the North-East of Russia (Republic of Sakha)] / V. Fedorov, E. Sleptsov, K. Pemyashov // *Genetika i razvedenie zhivotnykh* [Genetics and Breeding of Animals]. — 2020. — № 3. — P. 99–105. — DOI: 10.31043/2410-2733-2020-3-99-105 [in Russian]
2. Dodokhov V. Geneticheskaya kharakteristika chukotskoy porody oleney v Yakutii [The way of value of Correlation of genomic DNA microsatellite loci and live weight of Chukchi reindeer] / V. Dodokhov, N. Pavlova, T. Rumyantseva, L. Kalashnikova // *Genetika i razvedenie zhivotnykh* [Genetics and Breeding of Animals]. — 2020. — № 3. — P. 27–32. — DOI: 10.31043/2410-2733-2020-3-27-32 [in Russian]
3. Kharzinova V. Primeneniye mikrosatellitov v populyatsionno-geneticheskikh issledovaniyakh severnogo olenya (*Rangifer tarandus*) (obzor) [Application of microsatellites in population genetic studies of reindeer (*Rangifer tarandus*)]



- (review)] / V. Kharzinova, N. Zinovieva // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka [Agricultural Science Euro-North-East]*. — 2024. — Vol. 25, № 4. — P. 525–537. — DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.4.525-537 [in Russian]
4. Artyushin I. Primer System for Reindeer (*Rangifer tarandus*) Mitochondrial Genome Sequencing / I. Artyushin, E. Konorov, K. Kurbakov, Y. Stolpovsky // *Russian Journal of Genetics*. — 2021. — Vol. 57, № 1. — P. 110–113. — DOI: 10.31857/S0016675821010033
5. Krutikova A.A. Osobennosti gormonal'nogo fona samok severnogo olenya (*Rangifer tarandus*) na raznykh stadiyakh polovogo tsikla [Features of the levels of sex hormones in female reindeer (*Rangifer tarandus*) at different stages of the estrous cycle] / A.A. Krutikova, A.O. Belikova, G.K. Peglivanian [et al.] // *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii [International Journal of Veterinary Medicine]*. — 2024. — № 4. — P. 467–473. — DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.467 [in Russian]
6. Meng X. Population trends, distribution and conservation status of semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus*) in China / X. Meng, A. Aryal, A. Tait [et al.] // *Journal for Nature Conservation*. — 2014. — Vol. 22, № 6. — P. 539–546. — DOI: 10.1016/j.jnc.2014.08.008
7. Wilkerson C.D. Post-glacial recolonization of insular Newfoundland across the Strait of Belle Isle gave rise to an endemic subspecies of woodland caribou, *Rangifer tarandus terranovae* (Bangs, 1896): Evidence from mtDNA haplotypes / C.D. Wilkerson, S.P. Mahoney, S.M. Carr // *Genome*. — 2018. — Vol. 61, № 8. — P. 575–585. — DOI: 10.1139/gen-2017-0199
8. Holst B.S. Companion animal and equine clinical research: a Nordic perspective / B.S. Holst, A. Engelmann, G. Gröndahl [et al.] // *Acta Veterinaria Scandinavica*. — 2025. — Vol. 67, № 1. — P. 3. — DOI: 10.1186/s13028-024-00787-1
9. Oleński K. Subset of SNPs for parental identification in European Bison Lowland-Białowieża line (*Bison bonasus bonasus*) / K. Oleński, S. Kamiński, M. Tokarska, D.M. Hering // *Conservation Genetics Resources*. — 2018. — Vol. 10. — P. 1–6. — DOI: 10.1007/s12686-017-0768-3
10. Avdeenko V.S. Patomorfologicheskiye izmeneniya i immunolokalizatsiya matriksnykh metalloproteinaz v platsente korov pri zaderzhanii posleda [Pathomorphological changes and immunolocalization of matrix metalloproteinases in the placenta of cows during afterbirth retention] / V.S. Avdeenko, A.I. Moroz, D.I. Safronov [et al.] // *Vestnik Rossijskoj Sel'skhozjajstvennoj Nauki [Bulletin of Russian Agricultural Science]*. — 2024. — № 5. — P. 94–101. — DOI: 10.31857/S2500208224050195 [in Russian]
11. Avdeenko V.S. Metalloproteinase distribution in the intercellular matrix of chorioallantoic villi and caruncular crypts in cows with placental insufficiency / V.S. Avdeenko, M.E. Gorbakov, A.I. Moroz // *Transactions of the Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences*. — 2024. — № 7. — P. 37–46. — DOI: 10.17076/eb1970
12. Ween H. Pregnancy Status of Reindeer Calves (*Rangifer tarandus tarandus*) on Two Occasions During the Winter Season / H. Ween, E. Ropstad, H. Säkkinen [et al.] // *Acta Veterinaria Scandinavica*. — 1999. — Vol. 40. — P. 89–91. — DOI: 10.1186/BF03547045
13. Fedorov V.I. Birth and afterbirth period in mares of the Yakut breed / V.I. Fedorov, E.S. Sleptsov, N.V. Vinokurov [et al.] // *Reproduction in Domestic Animals*. — 2019. — Vol. 54, № 3. — P. 87–88. — DOI: 10.1111/rda.13528
14. Sohn J.H. Morphology of placentome in Korean water deer *Hydropotes inermis argropus* / J.H. Sohn, S. Yamane, Y. Saitoh [et al.] // *Journal of Veterinary Medical Science*. — 2021. — Vol. 83, № 7. — P. 1081–1085. — DOI: 10.1292/jvms.21-0158
15. Wilsher S. Placentation and hormonal maintenance of pregnancy in the impala (*Aepyceros melampus*) / S. Wilsher, R.E.S. Greenwood, G.D. Mahon, W.R. Allen // *Placenta*. — 2020. — Vol. 95. — P. 91–105. — DOI: 10.1016/j.placenta.2020.04.009
16. Wilsher S. Placentation in the blue wildebeest (*Connochaetes taurinus*) / S. Wilsher, F. Stansfield, W.R. Allen // *Placenta*. — 2019. — Vol. 82. — P. 46–56. — DOI: 10.1016/j.placenta.2019.05.008
17. Acuña F. Differential Remodelling of Endometrial Extracellular Matrix in the Non-Pregnant Uterus of *Lagostomus maximus* as a Potential Mechanism Underlying Embryonic Death / F. Acuña, G.S. Gualdoni, F. Rivollier [et al.] // *Animals*. — 2025. — Vol. 15, № 4. — P. 542. — DOI: 10.3390/ani15040542
18. Flamini M.A. Morphological characteristics of the uterus and uterine cervix of the plains viscacha (*Lagostomus maximus*) / M.A. Flamini, C.G. Barbeito, E.L. Portiansky // *Acta Zoologica*. — 2019. — Vol. 101, № 4. — P. 353–365. — DOI: 10.1111/azo.12300
19. Foster A. Reindeer / A. Foster, K. Heawood, M. Ruder, S. Ecroyd // *Deer Veterinary Medicine*. — 2025. — P. 385–394. — DOI: 10.1002/9781394221370.ch31
20. Qumsiyeh M. Adaptive nature of chromosome variation in placental mammals and applicability to domestication and invasiveness / M. Qumsiyeh, E.N. Handal // *Hystrix*. — 2022. — Vol. 33, № 2. — P. 102. — DOI: 10.4404/hystrix-00509-2021
21. Nagy S. Reproduction of male reindeer (*Rangifer tarandus*) / S. Nagy, H. Lindeberg, E. Nikitkina [et al.] // *Animal Reproduction Science*. — 2021. — Vol. 227. — P. 106722. — DOI: 10.1016/j.anireprosci.2021.106722
22. Wilsterman K. Adaptive structural and functional evolution of the placenta protects fetal growth in high-elevation deer mice / K. Wilsterman, E.C. Moore, R.M. Schweizer [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 2023. — Vol. 120, № 25. — P. e2218049120. — DOI: 10.1073/pnas.2218049120