



YXCOYN

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-5-15>
УДК 619:611.018:616-097:618.36]:636.42/48

Поступила: 16.01.2025 Доработана: 21.02.2025 Принята: 11.03.2025

ВЫЯВЛЕНИЕ ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИЭПИТЕЛИЗИРОВАННЫХ СТРУКТУР ПЛАЦЕНТЫ СВИНЕЙ

Агарков Александр Викторович✉, Скрипкин Валентин Сергеевич,
Квочко Андрей Николаевич, Агарков Николай Викторович,
Бондаренко Вадим Валерьевич

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

✉ agarkov_a.v@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье описано исследование по выявлению особенности строения диэпителизированных структур в плаценте свиней. Системное проведение гистологических исследований плацент у беременных животных позволило выявить новые методы оценки состояния беременных животных с учётом эмбриональных периодов развития плода, обосновать критические периоды развития новорождённого и выдвинуть научное положение о сохранении ритма родовой деятельности животных, а также вскрыть некоторые вопросы неонатального развития новорожденного потомства.

Методы. Для обзорной микроскопии и измерений изменений толщины плаценты использовался окуляр-микрометр Leica DM 2500. Гистологические срезы формировались с применением микротомы Microm HM 340E и окрашивались по методу Маллори. Цитокиновый профиль, включая IL-1 β , IL-2, IL-4, IL-10, TNF- α и IFN- γ , определялся методом иммуноферментного анализа с учетом результатов на спектрофотометре «Униплан-ТМ». Также в исследовании изучены комплексные свиные рекомбинантные цитокины I типа – альфа и II типа – гамма, а также смесь альфа- и гамма-интерферонов.

Результаты. При исследовании плацент свиноматок определены явные различия в структуре строения эпителиального слоя. Установлены очаги диэпителизации основных ворсин хориона. По признакам различия определены две группы свиноматок. Основным критерием соотношения животных по интактным группам стало выявление диэпителизированных структур в плаценте свиней. В первую группу определены особи с выраженными диэпителизированными структурами плацентарной ткани, а вторая выступала контролем – без явных изменений эпителиохориального слоя.

Заключение. Использование установленных изменений фетоплацентарного комплекса (наличие диэпителизированных структур) на основании принципов гистоморфометрического анализа плаценты у животных может выступать основным направлением при изучении патогенеза ряда заболеваний и позволит формировать группы наиболее устойчивых особей.

Ключевые слова: диэпителизированные структуры плаценты, внутриутробный период развития, плацентарная недостаточность, свиноматки, плацентарный барьер

Для цитирования: Агарков А.В., Скрипкин В.С., Квочко А.Н., Агарков Н.В., Бондаренко В.В. Выявление патоморфологических особенностей диэпителизированных структур плаценты свиней. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(1):5-15. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-5-15> EDN YXCOYN

Research article

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-5-15>

EDN YXCOYN

УДК 619:611.018:616-097:618.36]:636.42/.48

Received: 16.01.2025

Revised: 21.02.2025

Accepted: 11.03.2025

IDENTIFICATION OF PATHOMORPHOLOGICAL FEATURES OF STRUCTURES WITHOUT EPITHELIUM IN PIG PLACENTA

Alexander V. Agarkov✉, Valentin S. Skripkin,
Andrey N. Kvochko, Nikolay V. Agarkov,
Vadim V. Bondarenko

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ agarkov_a.v@mail.ru

ABSTRACT

Introduction. This article presents a study aimed at identifying the structural characteristics of de-epithelialized structures in the porcine placenta. The systematic performance of histological examinations of placentas of pregnant animals enabled the development of new methods for assessing the condition of pregnant animals, taking into account the embryonic developmental stages of the fetus. Additionally, we justified critical periods in neonatal development and proposed a scientific position on the maintenance of parturition rhythm in animals, as well as addressing certain aspects of neonatal development in newborn offspring.

Methods. Leica DM 2500 ocular micrometer was used for overview microscopy and measurement of changes in placental thickness. Histological sections were prepared on a Microm HM 340E microtome and stained according to the Mallory method. The cytokine profile, including IL-1 β , IL-2, IL-4, IL-10, TNF- α and IFN- γ , was determined by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) with results measured on a Uniplan-TM spectrophotometer. Complex recombinant porcine type I (alpha) and type II (gamma) cytokines and a mixture of alpha and gamma interferons were investigated.

Results. Examination of sow placentas revealed significant differences in the structure of the epithelial layer. Areas of de-epithelialization were identified in the primary chorionic villi. Two groups of sows were established on the basis of the observed characteristics. The primary criterion for dividing the animals into intact groups was the identification of de-epithelialized structures in the pig placenta. The first group included individuals with pronounced de-epithelialized structures in the placental tissue, while the second group served as a control with no apparent changes in the epithelial layer.

Conclusions. The use of established changes in the fetoplacental complex (presence of de-epithelialized structures) based on the principles of histomorphometric analysis of placenta in animals may serve as a fundamental direction in the study of the pathogenesis of various diseases and help in the identification of the most resilient individuals.

Keywords: placenta structures without epithelium, intrauterine development period, placental insufficiency, sows, placental barrier

For citing: Agarkov A.V., Skripkin V.S., Kvochko A.N., Agarkov N.V., Bondarenko V.V. Identification of Pathomorphological Features of Structures without Epithelium in Pig Placenta. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(1):5-15. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-5-15> EDN YXCOYN

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей современной технологии продуктивного животноводства является получение здорового (полноценного) приплода. Исследователями установлено, что оценка иммунного статуса организма животного в норме и патологии необходима для решения вопросов иммунопрофилактики и эпизоотологического прогнозирования [1–3]. Однако становление иммунобиологических параметров у новорожденных животных обусловлено временным интервалом, в течение которого можно оценить динамическое изменение исследуемых показателей [4–6]. В связи с этим поиски наиболее ранних и информативных критериев диагностики отклонений в иммунологическом взаимоотношении в функциональной системе «мать – плод – новорожденный», а также расширение знаний о состояниях фетоплацентарного развития имеют важное значение [11; 12]. Существует мнение, что фетоплацентарный барьер является основным звеном в цепи передачи возбудителя инфекционного заболевания [7–10]. Также установлено прямое влияние изменений фетоплацентарного барьера на формирование напряженности иммунитета с первых дней жизни [13–15].

Одним из важных условий при физиологической беременности выступает принцип полноценной структурно-функциональной дифференцировки фетоплацентарного комплекса [16–18]. Поэтому исследование плацентарного барьера может использоваться как наиболее ранний метод оценки функциональной зрелости полученного потомства у продуктивных животных, по патологическим изменениям которого можно прогнозировать эпизоотии и планировать профилактические мероприятия. На сегодняшний день остается актуальной проблема изучения структурной организации плаценты животных [19; 20] к действию повреждающих агентов, которая объясняется ее временным характером (орган существует только во время беременности) и недостаточно развитыми механизмами адаптации при многоплодной беременности материнского организма.

Требуется значительное расширение имеющихся знаний о функциональной системе «мать – плацента – плод», а также возможностей по изучению функции систем в норме и патологии для оценки ответных иммунологических реакций в зависимости от степени сенсibilизации материнского организма антигенами плода. Наше исследование направлено на установление изменений фетоплацентарно-

го комплекса (наличие диэпителизированных структур) на основании принципов гистоморфометрического анализа плаценты с определением очагов диэпителизации основных ворсин хориона. Цель исследования – изучение патоморфологических особенностей диэпителизированных структур плаценты свиней на основании гистологических методов исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Объектом исследования выступали плаценты свиноматок с различным рецептивным профилем. Проведено исследование плацент свиноматок с нормальной иммунологической реактивностью (контрольная группа – 10 голов) и с измененным иммунологическим профилем крови беременных животных (опытная группа – 10 голов).

Оборудование:

- оптическая установка бинарная В-159, Optica;
- шкаф вытяжной с вентилятором ШВ-1,0 «Ламинар-С»;
- рабочая станция AB Veriti Thermal Cycler;
- компьютерная программа ВидеоТест версия 4.0 (Build 353);
- компьютерная программа «Biostatistics 4.03»;
- окуляр-микрометр (Leica DM 2500);
- флуоресцентный микроскоп Olympus BX41;
- лабораторная система гистологической проводки Tissue-Tek;
- микротом Microm HM 340E (Microm GmbH, Германия).

Реактивы и препараты:

- гистологические красители: гематоксилин (объемом 150 мл) – использовался для обзорного окрашивания плацентарных срезов; эозин водно-спиртовой концентрированный раствор (объемом 500 мл);
- парафин для гистологической заливки Histomix (температура плавления 52–54 °C, фасовка 5 кг);
- забуференный формалин 10 % – фиксация плацентарных срезов;
- электролитный декальцинирующий раствор (объемом 150 мл);
- реактивы для проводки IzoPrep – для повышения проникающей способности гистологических красителей в исследуемую ткань.

Методы

Для обзорной микроскопии срезы окрашивали гематоксилин эозином. Окуляр-микрометром (Leica DM 2500) измеряли изменения толщины плацент. С использованием программы ВидеоТест версия 4.0 (Build 353) определяли относительную площадь, диаметр, периметр, длину, ширину, периметр. Также изучали морфологическую характеристику артериального и венозного васкулярного русла.

Гистологический материал фиксировали в растворе 10 % нейтрального формалина. Гистологические срезы формировали с использованием микротомы Microm HM 340E (Microm GmbH, Германия). Фиксированные срезы окрашивали по методике возрастающей концентрации спиртов с применением сравнительного метода Маллори.

Микроскопический анализ проводили с использованием Микроскопа Olympus BX41, оснащенного аппаратным комплексом для фазового контраста (темного, светлого поля) и флуоресценции с апертурной диафрагмой. Применяли увеличение $\times 4$, $\times 10$, $\times 20$, $\times 40$, $\times 100$ с объективом 20X NA 0.4 W.D. 1.2 mm 20XPH NA 0.4 W.D. 1.2 mm 40X NA 0.65 W.D. 0.6 mm 40XPH NA 0.65 W.D. 0.6 mm, 100XO NA 1.25 W.D. 0.13 mm 100XOPH NA 1.25 W.D. 0.15 mm.

Цитокиновый профиль включал: содержание интерлейкина-1 β (IL-1 β), интерлейкина-2 (IL-2), интерлейкина-4 (IL-4), интерлейкина-10 (IL-10), фактора некроза опухоли- α (TNF- α), γ -интерферона (IFN- γ), который определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА) с последующим учётом результатов на спектрофотометре «Униплан-ТМ» в соответствии с утвержденными наставлениями к диагностическим наборам. В исследовании изучены комплексные свиные рекомбинантные цитокины I типа – альфа и II типа – гамма, и смесь альфа- и гамма-интерферонов.

Процедура исследования

Опытная часть работы выполнена в условиях свиноводческого хозяйства СПК Гущенко Краснодарского края Российской Федерации, которое является благополучным по инфекционным и инвазионным заболеваниям.

С целью изучения гистологической структуры плацентарной ткани были проанализированы плаценты свиноматок с нормальной иммунологической реактивностью (контрольная группа – 10 голов) и с изменением иммунологического профиля крови беремен-

ных животных (опытная группа – 10 голов). Плаценты отбирали сразу после окончания родов. Предметом исследования являлся эпителиохориальный слой плаценты. Непосредственно после взятия материала плаценту рассекали на сегменты (фрагменты) толщиной не менее 5 мм с общей площадью до 3 см² и фиксировали в нейтральном формалине. Фиксированный материал заливали в парафин и готовили серию срезов во всю толщину плацентарной стенки, что позволило оценить всю поверхностную часть и внутренние структурные части плаценты.

Анализ данных

При исследовании плацент свиноматок определены явные различия в строении путем сбора и анализа микроденсиметрических данных. Определяли очаги дизэпителизации основных ворсин хориона. По признакам различия определены две группы свиноматок. Основным критерием соотношения животных по интактным группам стало выявление дизэпителизированных структур в плаценте свиней. В первую группу определены особи с выраженными дизэпителизированными структурами плацентарной ткани, а вторая выступала контролем – без явных изменений эпителиохориального слоя.

Полученные цифровые данные были анализированы с применением статистического метода однофакторного дисперсионного анализа при использовании программы «Biostatistics 4.03» для Windows. Достоверными считали различия при $P \leq 0,05$.

Этические аспекты

Все аспекты проведенного исследования выполнены в соответствии с Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В период беременности среди исследуемых животных наблюдались существенные различия по показателям иммунологической реактивности. Это выражалось за весь период исследований в достоверном снижении в основных субпопуляциях Th и Tm (таблица 1). Динамика изменения IFN- γ и TNF свидетельствует о снижении TLR7/8 на 46 %, TLR1/2 на 36,4 %, TLR1/2 + 9 на 34,7 %, TLR1/2 + 7/8 + 9 на 19,0 % у опытной группы свиноматок. Данная тенденция обуславливает значительное иммуносупрессорное состояние у данной группы особей.

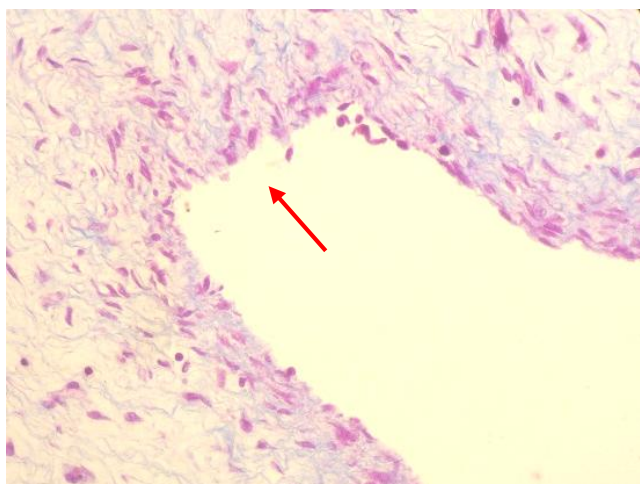
Таблица 1 – Изменения в основных субпопуляциях Th и Tm свиноматок в период беременности**Table 1** – Changes in the main subpopulations of Th and Tm sows during pregnancy

Группа животных	Иммунологический показатель				
	TLR1/2	TLR7/8	TLR9	TLR1/2 + 7/8 + 9	TLR1/2 + 9
Контрольная группа	1,98±0,14*	2042,0±2,03*	1125,3±0,98	904,6±0,22	1258,0±0,25
Опытная группа	0,72±0,11*	940,8*±1,66	851,2±0,47	725,5±0,97	823,0±0,01

Примечание: * $P \leq 0,05$ – достоверность различий с контрольной группой

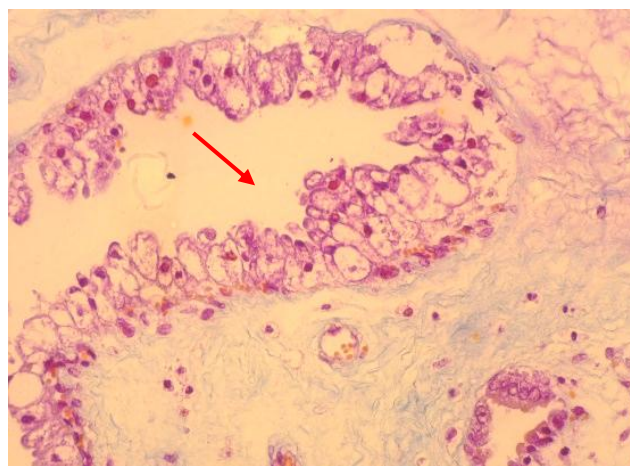
Иллюстрационный материал получен авторами при использовании автоматизированной фото- и видеофиксации флуоресцентного микроскопа Olymrus BX41 гистологических срезов на предметных стеклах.

На рисунке 1 выражено характерное отсутствие эпителиальных клеток. Эпителиальный слой кубической формы, выраженный ядерный полиморфизм на данной стадии беременности. Базальная часть отдельных эпителиальных клеток характеризуется наличием шаровидного скопления гомогенного материала. В материале опытной группы свиноматок распространено дистрофическое приращение эпителия основных и терминальных ворсин хориона плаценты. Из анализа полученного морфологического исследования видны явные изменения эпителиальных структур. Однако в плацентарной ткани свиней опытной группы явных изменений в хориальной части фетоплацентарного комплекса не выявлено.

**Рис. 1** – Диэпителизация основных ворсин хориона плаценты свиней**Fig. 1** – Structures without epithelium of the main villi of pig placenta chorion

На рисунке 2 представлено полноценное формирование эпителия основных ворсин хориона плаценты свиней контрольной группы. При микроскопическом исследовании наблюда-

ется обширное развитие основного симпласта с распространением в оксифильной цитоплазме множественных ядер круглой (овальной) формы. Выявлено обширное расширение плацентарных септ, где возникает основное распределение смежных хориальных комплексов единого фетоплацентарного комплекса.

**Рис. 2** – Формирование полноценного эпителия основных ворсин хориона плаценты свиней**Fig. 2** – Formation of a complete epithelium of the main villi in pig placenta chorion

В плацентах свиноматок с признаками диэпителизации хориона установлены также реактивные изменения элементов сосудистой стенки (рисунок 3), агрегации эритроцитов, активная пролиферация эндотелия и клеток адвентиции с признаками накопления в периваскулярной зоне полиморфно-клеточных инфильтратов. Основным неблагоприятным признаком структурной организации плацентарной ткани является увеличение преобладания заместительного характера элементов эпителия фрагментами интерстиция. Данное явление отражается на внутримембранном транспорте питательных веществ, кислорода, метаболитов, приводящем к очаговому дистрофическому (некробиотическому) процессу хориального эпителиального слоя.

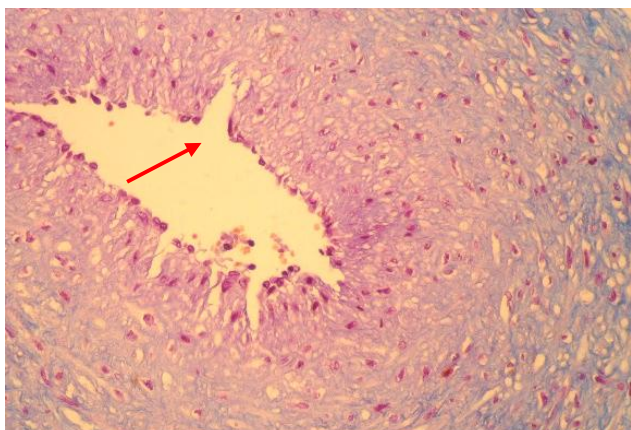


Рис. 3 – Деструктивное формирование внутрисосудистой эндотелиальной пластинки плаценты свиней

Fig. 3 – Destructive formation of intravascular endothelial plate of pig placenta

Вышеперечисленные изменения не выявлены у аналогов в сравниваемой опытной группе (рисунок 4). Эпителиальный слой не уплощен, без существенного сгущения ядерного аппарата. Отсутствует картина разряженного хроматина. На всех участках плацентарной ткани отсутствует явное распределение дистрофического импрегнированного материала. Эти выявленные морфологические характеристики свидетельствуют о наименьшей соединительнотканной пролиферативной активности клеток эпителия у контрольной группы в отношении материала, полученного от опытной группы животных.

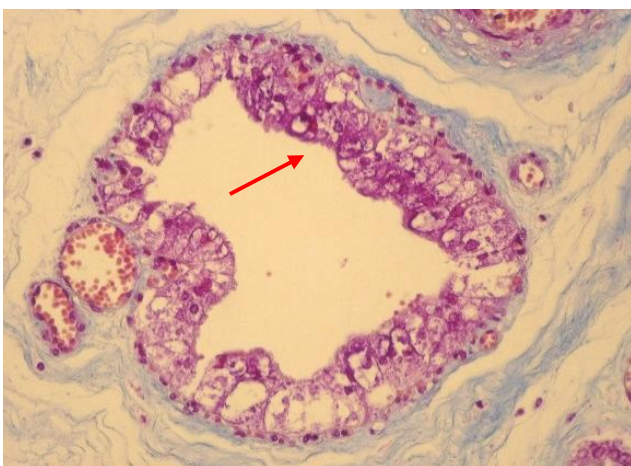


Рис. 4 – Сформированная внутрисосудистая эндотелиальная пластинка плаценты свиней
Fig. 4 – Formed intravascular endothelial plate of pig placenta

В опытной группе специфические изменения в сосудистом русле (рисунок 5) обусловлены значительными инвагинациями

терминального эпителиохориального слоя плаценты. Основной особенностью специфической диэпителизации плацентарной ткани является трансформация и инвагинация элементов терминального эпителиохориального слоя при соотношении целостного (сформированного) терминального эпителиохориального слоя плаценты. Признаки деструкции наблюдаются и в глубоких слоях плаценты. Накопление коллагена в толще сосудистого русла терминальных ворсин хориона сопряжено с предикторной трансформацией периваскулярного склеротического процесса.



Рис. 5 – Трансформация терминального эпителиохориального слоя плаценты свиней
Fig. 5 – Transformation of the terminal epitheliochorionic layer of pig placenta

На рисунке 6 установлено формирование целостного терминального эпителиохориального слоя плаценты свиней контрольной группы. Идентифицируется выраженная картина хориального слоя васкуляризации в начальных, средних и дистальных участках плацентарной поверхности.

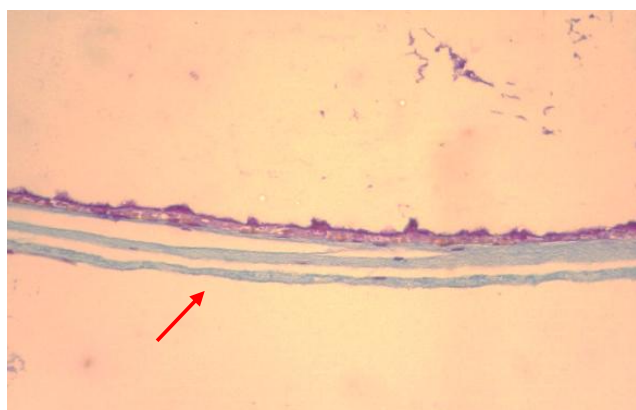


Рис. 6 – Сформированный терминальный эпителиохориальный слой плаценты свиней
Fig. 6 – Formed terminal epitheliochorionic layer of pig placenta

ОБСУЖДЕНИЕ

Данные ученых (Шахов А. Г. и др. [20], Шабанов Д. И. и др. [21] и Сулейманов С. М. и др. [22]), занимающихся проблемой нарушения плацентарного барьера, раскрывают лишь параметры физиологических взаимоотношений между материнским организмом и плодом, формирующиеся в ранний фетальный период путем морфометрических исследований плацентарной ткани и оценки гематологического профиля крови животных. Выбранный ими подход направлен на узкоспециализированную часть проблемы функционирования фетоплацентарного барьера.

Полученные нами результаты позволили выявить особенности строения диэпителизованных структур в плаценте свиней. Результаты согласуются с тематикой предыдущих наших исследований [23], которые установили явления иммунологической толерантности, индуцируемой в эмбриональном периоде по отношению к чужеродным антигенам, и иммунологическую реактивность в функциональной системе «мать – плод – новорожденный» в зависимости от степени сенсибилизации матерей антигенами плода.

На основании проведенного исследования делаем вывод, что по морфологическому состоянию плаценты можно составить представление, как плод в плацентарных условиях развивался или же имело место образование патологических изменений, по которым можно судить о степени жизнеспособности новорожденного потомства. Также при организации лечебно-профилактических мероприятий в свиноводческих хозяйствах считаем необходимым учитывать данное изменение плацентарной ткани у свиней как предиктор более

позднего (опосредованного) патологического состояния полученного потомства с соотношением в группу высокого инфекционного риска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование установленных изменений фетоплацентарного комплекса (наличие диэпителизованных структур) на основании принципов гистоморфометрического анализа плаценты у животных может выступать основным направлением при изучении патогенеза ряда заболеваний и позволит формировать группы наиболее устойчивых особей. Морфологический метод прогноза степени физиологической зрелости полученного потомства продуктивных животных в отношении дальнейшего их роста и развития даёт возможность выявить среди новорожденных животных наиболее подходящих для племенных целей и определить примеры с низким адаптивным потенциалом или пониженной жизнеспособностью. Также параметры целостности структуры плацентарной стенки позволяют определить продуктивное долголетие и возможное дальнейшее производственное использование конкретного животного. При этом одновременно появляется возможность превентивного лечения выявленных изменений фетоплацентарного комплекса при беременности, что даёт возможность снизить падеж молодняка в раннем возрасте и направлено улучшать качество и повышать количественный состав племенного и производственного стада. Использование предлагаемых критериев оценки плацентарной ткани в сочетании с ветеринарно-санитарными мероприятиями может обеспечить значительный экономический эффект в животноводстве.

Вклад авторов

А. В. Агарков: руководство исследованием, концептуализация, редактирование рукописи.

В. С. Скрипкин: администрирование данных, формальный анализ.

А. Н. Квочко: администрирование, методология.

Н. В. Агарков: верификация данных.

В. В. Бондаренко: формальный анализ, проведение исследования, создание черновика и самой рукописи, визуализация.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contributions

A. V. Agarkov: study supervision, conceptualisation, manuscript editing.

V. S. Skripkin: data administration, formal analysis.

A. N. Kvochko: administration, methodology.

N. V. Agarkov: data verification.

V. V. Bondarenko: formal analysis, conducting the study, creating the draft and the manuscript, visualisation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахов А.Г., Сашнина Л.Ю., Никоненко Г.В. Клеточный иммунитет у свиноматок в разные физиологические периоды в норме и при возникновении послеродовой патологии. *Международный вестник ветеринарии*. 2022;4:326-332. <https://doi.org/10.52419/ISSN2072-2419.2022.4.326>
2. Перерядкина С.П., Кочарян В.Д., Родин П.В., Авдеенко В.С. Ангиогенез плаценты крупного рогатого скота при гестозе беременных. *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2016;2(42):170-176.
3. Хворостухина Н.Ф., Степанова Н.Н., Новичков Д.А., Михайлова Ю.В., Трушина О.В., Однокозова О.С., Кириллова Н.А. Беременность, роды и перинатальные исходы при истмико-цервикальной недостаточности в зависимости от способа родоразрешения. *Медицинский Совет*. 2022;(5):86-94. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-5-86-94>
4. Криштофорова Б.В., Саенко Н.В. *Провизорные органы и жизнеспособность новорожденных животных* : монография. Санкт-Петербург : Изд-во «Лань»; 2018. 404 с.
5. Дроздова Л.И., Лазарева А.А. Сравнительный анализ морфологических изменений в плаценте свиней при нормальной и осложненной супоросности. *Аграрный вестник Урала*. 2016;10(152):15-19.
6. Пинегин Б.В., Пашенков М.В., Пинегин В.Б., Хаитов Р.М. Эпителиальные клетки слизистых оболочек и новые подходы к иммунопрофилактике и иммунотерапии инфекционных заболеваний. *Иммунология*. 2020;41(6):486-500. <https://doi.org/10.33029/0206-4952-2020-41-6-486-500>
7. Баймишев Х.Б., Криштофорова Б.В., Лемещенко В.В., Хрусталева И.В., Стегней Ж.Г. *Биологические основы ветеринарной неонатологии* : монография. Самара : РИЦ СГСХА; 2015. 452 с.
8. Айламазян Э.К. *Акушерство*. 10-е изд., перераб. и доп. М. : ГЭОТАР-Медиа; 2019. 768 с.
9. Семченко В.В., Барашкова С.А., Ноздрин В.И., Артемьев В.Н. *Гистологическая техника*. Омск : Омская областная типография; 2006. 290 с.
10. Hernandez A. First stages of embryonic development, histogenesis of the placenta, and pregnancy maintenance. *Bovine maternal support and embryo survival*. Cham: Springer; 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62391-2_10
11. Wilson R.L., Davenport B.N., Jones H.N. Mid-pregnancy placental transcriptome in a model of placental insufficiency with and without novel intervention. *Reproduction Science*. 2025;32:435-443. <https://doi.org/10.1007/s43032-024-01769-4>
12. Hu H., Wang L., Gao J., et al. Risk factors of severe postpartum hemorrhage in pregnant women with placenta previa or low-lying placenta: a retrospective cohort study. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2024;24:674. <https://doi.org/10.1186/s12884-024-06876-3>
13. Othman M.A., Husni M., El-Din W.A.N., et al. Prenatal aripiprazole induces alterations of rat placenta: a histological, immunohistochemical and ultrastructural study. *Journal of Molecular Histology*. 2024;55:415-426. <https://doi.org/10.1007/s10735-024-10199-0>
14. Gu M., Chen P., Zeng D. et al. Preeclampsia impedes foetal kidney development by delivering placenta-derived exosomes to glomerular endothelial cells. *Cell Communication Signal*. 2023;21:336. <https://doi.org/10.1186/s12964-023-01286-y>
15. Martirosyan A., Kriegova E., Savara J., et al. Impact of antiphospholipid syndrome on placenta and uterine NK cell function: insights from a mouse model. *Scientific Report*. 2024;14:31163. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82451-2>
16. Jena S.K., Das S., Chakraborty S., et al. Molecular determinants of epithelial mesenchymal transition in mouse placenta and trophoblast stem cell. *Scientific Report*. 2023;13:10978. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37977-2>
17. Chen Y., Ye Z., Lin M., et al. Deciphering the epigenetic landscape: placental development and its role in pregnancy outcomes. *Stem Cell Reviews and Reports*. 2024;20:996-1014. <https://doi.org/10.1007/s12015-024-10699-2>
18. Santhakumar S., Edison E.S. Molecular insights into placental iron transfer mechanisms and maternofetal regulation. *Archives of Gynecology and Obstetrics*. 2024;309:63-77. <https://doi.org/10.1007/s00404-023-07032-6>

19. Li P., Lin Y., Ma H., et al. Epigenetic regulation in female reproduction: the impact of m6A on maternal-fetal health. *Cell Death Discovery*. 2025;11:43. <https://doi.org/10.1038/s41420-025-02324-z>
20. Шахов А.Г., Сашнина Л.Ю., Никоненко Г.В., Владимирова Ю.Ю., Лазутина К.В. Клеточный иммунитет у свиноматок в разные физиологические периоды в норме и при возникновении послеродовой патологии. *Международный вестник ветеринарии*. 2022;4:326-332. <https://doi.org/10.52419/ISSN2072-2419.2022.4.326>
21. Шабунин С.В., Шахов А.Г., Востроилова Г.А., Ческидова Л.В., Паршин П.А., Ермакова Т.И., Григорьева Н.А. Иммуностимулирующий эффект биферона-с на фоне медикаментозной профилактики болезней свиноматок и поросят в промышленном свиноводстве. *Сельскохозяйственная биология*. 2018;53(4):851-859. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.851eng>
22. Сулейманов С.М., Паршин П.А., Слободяник В.С., Мозговая Е.И. Морфометрические, гистохимические и ультраструктурные показатели печени и 12-перстной кишки у поросят при иммунодефиците. *Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции : материалы I Международной конференции по ветеринарно-санитарной экспертизе*. Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет; 2015. С. 121-123.
23. Агарков А.В., Агарков Н.В., Глущенко Д.А. Изучение рецептивности плацентарной ткани свиноматок различной ферментативной активности на основании иммуногистохимических методов исследования. *Вестник КрасГАУ*. 2024;2(203):181-185. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-181-185> EDN MBPRLF

REFERENCES

1. Shakhov A.G., Sashnina L.Yu., Nikonenko G.V., Vladimirova Yu.Yu., Lazutina K.V. Cellular immunity in sows in various physiological periods in a norm and in case of postpartum pathology. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022;(4):326-332. <https://doi.org/10.52419/ISSN2072-2419.2022.4.326>
2. Pereyadkina S.P., Kocharyan V.D., Rodin P.V., Avdeenko V.S. Cattle placenta angiogenesis at pregnant gestosis. *Izvestiâ Nižnevolžskogo agrouniversitetskogo kompleksa*. 2016;2(42):170-176.
3. Khvorostukhina N.F., Stepanova N.N., Novichkov D.A., Mikhailova J.V., Trushina O.V., Odnokozova O.S., Kirillova N.A. Pregnancy, childbirth and perinatal outcomes in isthmio-cervical insufficiency, depending on the method of delivery. *Medical Council*. 2022;(5):86-94. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-5-86-94>
4. Krishtoforova B.V., Sayenko N.V. *Pharmacological aspects and viability of newborn animals: a monograph*. St. Petersburg : Publishing house «Lan»; 2018. 404 p.
5. Drozdova L.I., Lazareva A.A. Comparative analysis of morphological changes in the placenta of sows with normal and pathological pregnancy. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016;10(152):15-19.
6. Pinegin B.V., Pashenkov M.V., Pinegin V.B., Khaitov R.M. Mucosal epithelial cells and novel approaches to immunoprophylaxis and immunotherapy of infectious diseases. *Immunology*. 2020;41(6):486-500. <https://doi.org/10.33029/0206-4952-2020-41-6-486-500>
7. Baymishev H.B., Krishtoforova B.V., Lemeshchenko V.V., Khrustaleva I.V., Stegney J.G. *Biological foundations of veterinary neonatology : a monograph*. Samara : RIC SGSHA; 2015. 452 p.
8. Aylamazyan E.K. *Obstetrics*. 10th ed., revised and additional. M. : GEOTAR-Media; 2019. 768 p.
9. Semchenko V.V., Barashkova S.A., Nozdrin V.I., Artemyev V.N. *Histological technique*. Omsk : Omsk Regional Printing House; 2006. 290 p.
10. Hernandez A. First stages of embryonic development, histogenesis of the placenta, and pregnancy maintenance. *Bovine maternal support and embryo survival*. Cham : Springer; 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62391-2_10
11. Wilson R.L., Davenport B.N., Jones H.N. Mid-pregnancy placental transcriptome in a model of placental insufficiency with and without novel intervention. *Reproduction Science*. 2025;32:435-443. <https://doi.org/10.1007/s43032-024-01769-4>
12. Hu H., Wang L., Gao J., et al. Risk factors of severe postpartum hemorrhage in pregnant women with placenta previa or low-lying placenta: a retrospective cohort study. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2024;24:674. <https://doi.org/10.1186/s12884-024-06876-3>

13. Othman M.A., Husni M., El-Din W.A.N., et al. Prenatal aripiprazole induces alterations of rat placenta: a histological, immunohistochemical and ultrastructural study. *Journal of Molecular Histology*. 2024;55:415-426. <https://doi.org/10.1007/s10735-024-10199-0>
14. Gu M., Chen P., Zeng D., et al. Preeclampsia impedes foetal kidney development by delivering placenta-derived exosomes to glomerular endothelial cells. *Cell Communication Signal*. 2023;21:336. <https://doi.org/10.1186/s12964-023-01286-y>
15. Martirosyan A., Kriegova E., Savara J., et al. Impact of antiphospholipid syndrome on placenta and uterine NK cell function: insights from a mouse model. *Scientific Report*. 2024;14:31163. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82451-2>
16. Jena S.K., Das S., Chakraborty S., et al. Molecular determinants of epithelial mesenchymal transition in mouse placenta and trophoblast stem cell. *Scientific Report*. 2023;13:10978. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37977-2>
17. Chen Y., Ye Z., Lin M., et al. Deciphering the epigenetic landscape: placental development and its role in pregnancy outcomes. *Stem Cell Reviews and Reports*. 2024;20:996-1014. <https://doi.org/10.1007/s12015-024-10699-2>
18. Santhakumar S., Edison E.S. Molecular insights into placental iron transfer mechanisms and maternofetal regulation. *Archives of Gynecology and Obstetrics*. 2024;309:63-77. <https://doi.org/10.1007/s00404-023-07032-6>
19. Li P., Lin Y., Ma H., et al. Epigenetic regulation in female reproduction: the impact of m6A on maternal-fetal health. *Cell Death Discovery*. 2025;11:43. <https://doi.org/10.1038/s41420-025-02324-z>
20. Shakhov A.G., Sashnina L.Yu., Nikonenko G.V., Vladimirova Yu.Yu., Lazutina K.V. Cellular immunity in sows in various physiological periods in a norm and in case of postpartum pathology. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022;(4):326-332. <https://doi.org/10.52419/ISSN2072-2419.2022.4.326>
21. Shabunin S.V., Shakhov A.G., Vostroilova G.A., Cheskidova L.V., Parshin P.A., Ermakova T.I., Grigorieva N.A. Porcine biferon-c applied together with medicinal prophylaxis in commercial pig breeding provides immunostimulation of sows and an increased viability of their piglets. *Agricultural Biology*. 2018;53(4):851-859.
22. Suleimanov S.M., Parshin P.A., Slobodjanik V.S., Mozgovaya E.I. Morphometric, histochemical and ultrastructural indices of liver and duodenum in piglets with immunodeficiency. *Veterinary and Sanitary Aspects of Quality and Safety of Agricultural Products. Proceedings of the 1st International Conference on Veterinary and Sanitary Expertise*. Voronezh State Agrarian University; 2015. P. 121-123.
23. Agarkov A.V., Agarkov N.V., Glushchenko D.A. Studying the sows' placental tissue receptivity with different enzymatic activities based on immunohistochemical research methods. *Bulletin of KSAU*. 2024;2(203):181-185. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-181-185> EDN MBPRLF

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Агарков Александр Викторович –

доктор биологических наук,
профессор кафедры терапии и фармакологии,
Ставропольский государственный аграрный
университет, Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0001-7496-6797>
SPIN-код: 2663-9704
agarkov_a.v@mail.ru

Скрипкин Валентин Сергеевич –

доктор биологических наук, профессор кафедры
физиологии, хирургии и акушерства,
Ставропольский государственный аграрный
университет, Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0001-8492-0282>
SPIN-код: 6678-3491
skripkinvs@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Alexander V. Agarkov –

doctor of biological sciences, professor
of the department of therapy and pharmacology,
Stavropol State Agrarian University,
Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-7496-6797>
SPIN-code: 2663-9704
agarkov_a.v@mail.ru

Valentin S. Skripkin –

doctor of biological sciences, professor of the
department of physiology, surgery and obstetrics,
Stavropol State Agrarian University, Stavropol,
Russia
<https://orcid.org/0000-0001-8492-0282>
SPIN-code: 6678-3491
skripkinvs@mail.ru

Квочко Андрей Николаевич –

доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии, хирургии и акушерства, профессор,

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-4445-7638>

SPIN-код: 8958-0511

kvochko@yandex.ru

Агарков Николай Викторович –

кандидат биологических наук, доцент кафедры паразитологии и ветсанэкспертизы, анатомии и патанатомии,

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-8679-8655>

SPIN-код: 2663-9704

agarkov_n.v@mail.ru

Бондаренко Вадим Валерьевич –

аспирант кафедры терапии и фармакологии, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0009-0008-1639-6691>

vadim.bondarenko.1996@bk.ru

Andrey N. Kvochko –

doctor of biological sciences, head of the department of physiology, surgery and obstetrics, professor,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-4445-7638>

SPIN-code: 8958-0511

kvochko@yandex.ru

Nikolai V. Agarkov –

candidate of biological sciences, associate professor of the department of parasitology and veterinary expertise, anatomy and pathanatomy,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-8679-8655>

SPIN-code: 2663-9704

agarkov_n.v@mail.ru

Vadim V. Bondarenko –

postgraduate student of the department of therapy and pharmacology,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0009-0008-1639-6691>

vadim.bondarenko.1996@bk.ru