

П. В. Бурков<sup>1</sup>  
 М. Б. Ребезов<sup>2</sup>  
 М. А. Дерkho<sup>1</sup> ✉  
 П. Н. Щербakov<sup>1</sup>  
 А. О. Дерkho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ [derkho2010@yandex.ru](mailto:derkho2010@yandex.ru)

Поступила в редакцию:  
18.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
01.06.2024

Принята к публикации:  
16.06.2024

Review

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-38-48

Pavel V. Burkov  
 Maksim B. Rebezov  
 Marina A. Derkho ✉  
 Pavel N. Shcherbakov  
 Arina O. Derkho

<sup>1</sup> South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

<sup>2</sup> V. M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ [derkho2010@yandex.ru](mailto:derkho2010@yandex.ru)

Received by the editorial office:  
18.04.2024

Accepted in revised:  
01.06.2024

Accepted for publication:  
16.06.2024

## Иммуноретаболические особенности формирования поствакцинального иммунитета против ЦВС-2 у свиноматок

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Иммуноретаболический статус играет важную роль в формировании поствакцинального иммунитета против ЦВС-2 у свиноматок.

**Методы.** Объект исследования — свиноматки, которых на 21-е сутки лактации после отъема поросят привили вакциной «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Германия) (контрольная группа). В опытной группе вакцинацию сочетали с введением «Трансфер Фактора», полученного из лейкоцитов гипериммунизированных животных. Эффективность вакцинации оценивали по параметрам иммуноретаболического статуса и производственным показателям.

**Результаты.** Введение в схему вакцинации свиноматок против ЦВС-2 «Трансфер Фактора» позволяет сформировать в организме животных иммуноретаболический профиль, способствующий выработке вируснейтрализующих антител в необходимом количестве, что отражается на величине производственных и экономически важных показателей как маркеров эффективности поствакцинального иммунитета. Это достигается за счет того, что поствакцинальные иммунологические реакции протекают преимущественно по механизму вторичного иммунного ответа, о чем свидетельствует увеличение концентрации IgG в 1,46–1,55 раза и уменьшение IgM в 1,63–2,11 раза по сравнению с контролем. Гепатопротекторные свойства «Трансфер Фактора» модулируют функциональную способность клеток печени и стабилизируют состояние их мембранных структур, что определяет ориентацию белкового и липидного метаболизма в организме свиноматок в анаболическом направлении, способствуя задержке белкового азота и накоплению резервных жиров в организме животных, использованию углеродных остатков аминокислот в цикле Кребса посредством регуляции активности ферментов переаминирования (АлАТ, АсАТ), контролю желчегонной способности гепатоцитов, рациональному обмену холестерина. Коррекция иммуноретаболического статуса свиноматок в поствакцинальный период позволяет (по сравнению с контролем) снизить выбытие свиноматок из популяции свинокомплекса на 21,05%, мертворожденность поросят на 38,15%, увеличить число оприходованных на 10,55%, повысить выход поросят на один опорос с 12,5 голов до 13 и их сохранность на опоросе на 0,80%.

**Ключевые слова:** свиноматки, иммуноглобулины, метаболизм белков и липидов, вакцинация, цирковир, иммунитет, производственные показатели

**Для цитирования:** Бурков П. В., Ребезов М. Б., Дерkho М. А., Щербakov П. Н., Дерkho А. О. Иммуноретаболические особенности формирования поствакцинального иммунитета против ЦВС-2 у свиноматок. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 38–48.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-38-48>

© Бурков П. В., Ребезов М. Б., Дерkho М. А., Щербakov П. Н., Дерkho А. О.

## Immunometabolic features of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus type 2 in sows

### ABSTRACT

**Relevance.** Immunometabolic status plays an important role in the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus type 2 in sows.

**Methods.** The object of the study was sows that were vaccinated with the “Ingelvac CircoFLEX” vaccine (Germany) on the 21st day of lactation after weaning their piglets (control group). In the experimental group, vaccination was combined with the administration of “Transfer Factor” obtained from leukocytes of hyperimmunized animals. The effectiveness of vaccination was assessed by parameters of immunometabolic status and production indicators.

**Results.** The introduction of “Transfer Factor” into the vaccination scheme of sows against pig circovirus of the second type makes it possible to form an immunometabolism profile in the animals’ body, promoting the production of virus-neutralizing antibodies in the required quantity, which is reflected in the value of production and economically important indicators as markers of the effectiveness of post-vaccination immunity. This is achieved due to the fact that post-vaccination immunological reactions occur predominantly through the mechanism of a secondary immune response, as evidenced by an increase in the concentration of IgG by 1.46–1.55 times and a decrease in IgM by 1.63–2.11 times, compared with the control. The hepatoprotective properties of “Transfer Factor” modulate the functional ability of liver cells and stabilize the state of their membrane structures, which determines the orientation of protein and lipid metabolism in the body of sows in an anabolic direction, promoting the retention of protein nitrogen and the accumulation of reserve fats in the body of animals, the use of carbon residues of amino acids in the Krebs cycle through the regulation of the activity of transamination enzymes (AlAT, AST), control of the choleric ability of hepatocytes, rational cholesterol metabolism. Correction of the immunometabolism status of sows in the post-vaccination period allows, in comparison with the control, to reduce the retirement of sows from the pig farm population by 21.05%, the stillbirth of piglets by 38.15%, increasing the number of adopted ones by 10.55%, and increasing the yield of piglets by 1 farrowing. 12.5 heads to 13 and their safety at farrowing is 0.80%.

**Key words:** sows, immunoglobulins, protein and lipid metabolism, vaccination, circovirus, immunity, production indicators

**For citation:** Burkov P.V., Rebezov M.B., Derkho M.A., Shcherbakov P.N., Derkho A.O. Immunometabolic features of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus type 2 in sows. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 38–48 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-38-48>

© Burkov P.V., Rebezov M.B., Derkho M.A., Shcherbakov P.N., Derkho A.O.

## Введение/Introduction

Общий метаболический статус организма свиней взаимосвязан с функциями иммунной системы. Так, метаболизм влияет на дифференцировку и активность врожденных и адаптивных иммунных клеток, а иммунная система, наоборот, обеспечивает возможность формирования физиологически обусловленного метаболизма и энергопотребления клетками органов и тканей в стандартизированных условиях окружающей среды [1]. Поэтому общий биоэнергетический статус организма животных является результатом согласованного функционирования метаболических потоков и иммунологических реакций.

Вопросы взаимосвязи метаболического и иммунного статуса особо актуальны у сельскохозяйственных животных в условиях промышленной эксплуатации. Исключением не являются и свиноматки, у которых сохранение иммунометаболического баланса служит основой для поддержания репродуктивного здоровья и позволяет получать «качественное и жизнеспособное» потомство [2], определяя эффективность свиноводства [1].

В ходе репродуктивного цикла физиологический статус свиноматок претерпевает ряд последовательных перестроек, сопряженных с чередованием беременности, родов, лактации и периода для осеменения [3], что отражается на изменчивости метаболизма и иммунитета.

Согласно данным [1], метаболические изменения в организме свиноматок, особенно в период беременности и лактации, коррелируют со сдвигами в их иммунном статусе, включая уровень циркулирующих противовоспалительных цитокинов. В исследованиях [4] отмечено, что в организме беременных и лактирующих свиноматок происходят очень существенные изменения в иммунобиологическом статусе. Во время супоросности это может приводить к абортam, задержке внутриутробного развития плодов, лактации, к снижению молочной продуктивности и биологической ценности молока, напрямую влияя на рост и развитие поросят [5]. Поэтому в условиях высокоинтенсивной реализации репродуктивных качеств необходимо максимально снизить уровень воздействия на свиноматок различных экзогенных агентов, в том числе и биологических [6], создавая основу для формирования «нормального» иммунометаболизма. При этом метаболизм в клетках иммунной системы сопряжен с их функциональной активностью и выраженностью проявления биологических свойств по отношению к определенным антигенным частицам [7, 8].

В условиях промышленного свиноводства к «факторным инфекциям» относится цирковирусная, течение которой осложняется присоединением различных коинфекций [9–11]. Циркуляция цирковируса в производственных помещениях влияет на воспроизводительные функции свиноматок [12–16]. При этом репродуктивная недостаточность животных проявляется в виде увеличения числа абортam и мертворожденных поросят в помете, у мертворожденных и неонатальных плодов регистрируются повреждения сердца, печени и других тканей. Это подтверждает наличие трансплацентарного пути распространения вируса в организме животных, контаминацию тканей яйчников, фолликулярной жидкости и ооцитов [15–17].

По данным [18, 19], клетки яйцевода, фолликулярная жидкость и репродуктивный тракт могут быть

источниками цирковируса в организме свиноматок. Важно подчеркнуть, что последствия «репродуктивных неудач» определяют уровень экономических потерь свиноводческих предприятий из-за недополучения поголовья поросят, увеличения количества непродуктивных дней в технологическом цикле свиноматок [20].

В настоящее время основным методом специфической профилактики и борьбы с цирковирусными заболеваниями у свиней является вакцинация [13, 21, 22]. Для этих целей разработано большое количество вакцин (живые аттенуированные, ДНК-вакцины, векторные, рекомбинантные субъединичные) [21–25], которые являются самыми продаваемыми в странах с развитым свиноводством.

Эффективность вакцинации в большинстве свиноводческих предприятий принято оценивать по производственным показателям, связанным с рентабельностью. Их величина зависит от степени уменьшения в стаде количества животных, имеющих признаки вирусемии, как результат выработки после вакцинации «определенного уровня» нейтрализующих антител [22]. Однако в большинстве свиноводческих предприятий текущая вакцинация свиней в стаде против ЦВС-2 не позволяет сформировать «однородный» иммунитет [25], что определяет поиск путей повышения ее защитной эффективности.

*Цель исследования* — оценка защитной эффективности текущей вакцинации свиноматок против ЦВС-2 по параметрам иммунометаболического статуса их организма и величине производственных показателей в условиях сочетания введения вакцины с иммунобиологическим препаратом антигена направленного действия («Трансфер Фактором»).

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Протоколы научных экспериментов были согласованы с отделом свиноводства ООО «Агрофирма «Ариант»» (Челябинская обл., Россия). Выполнены на базе товарного свинокомплекса СВК 2 (2022–2024 гг.).

Репродуктивный цикл свиноматок включал следующие технологические периоды: осеменение, беременность, опорос и лактация. Они протекали в условиях цеха осеменения и цеха опороса. Наличие беременности устанавливали методом УЗИ, в цех опороса свиноматок переводили на 111–112-е сутки супоросности.

Для содержания животных использовали индивидуальные клетки, оборудованные автоматическими поилками и кормушками. Питательная ценность комбикормов, используемых в кормлении животных в зависимости от их физиологического состояния, была сбалансирована по рекомендациям Genesis (Канада)<sup>1</sup>.

Планирование экспериментальной части было ориентировано на схему текущей вакцинации свиноматок против ЦВС-2 в условиях свинокомплекса. Она проводилась в период отъема поросят — на 21-сутки после опороса. Для вакцинации свиней использовалась вакцина «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Ingelvac CircoFLEX, Германия). Доза и способ введения соответствовали инструкции производителя вакцины.

Для повышения эффективности текущей вакцинации ее сочетали с введением специфического иммунобиостимулятора «Трансфер Фактор», который был получен

<sup>1</sup> <https://genus.com/wp-content/uploads/2018/08/Nutrition-Genesis-June-21-2018-Russian.pdf>

из лейкоцитарных клеток гипериммунизированных доноров при помощи той же вакцины. Препарат произведен в условиях лаборатории кафедры инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ», включая и операции по его подготовке к использованию. Иммунобиостимулятор вводился два раза: первый — за 7 суток до вакцинации (14-е сутки после опороса), второй — совместно с вакциной. Доза препарата составила 5,0 мл/гол, способ введения — внутримышечный.

Выполнение работы предусматривало формирование двух опытных групп: первая — контрольная (КГ), состояла из 196 свиноматок, которым применялась используемая на свинокомплексе схема текущей вакцинации против ЦВС-2; вторая — опытная (ОГ), включала 202 головы, вакцинацию против ЦВС-2 сочетали с введением специфического иммунобиостимулятора «Трансфер Фактор» (рис. 1).

В цехе осеменения после вакцинации свиноматок ежедневно в течение недели визуальным методом проверяли на наличие клинических симптомов вирусемии и побочных реакций.

В контрольные точки эксперимента для оценки иммунометаболического статуса свиноматок контрольной и опытной групп брали кровь из краниальной полой вены с соблюдением правил асептики и антисептики у 10 животных, используя метод случайной выборки (рис. 1). В лабораторных анализах применялась сыворотка крови, полученная общепринятым методом. Все исследования выполнены в первые сутки после взятия крови у животных.

В образцах сыворотки крови определяли:

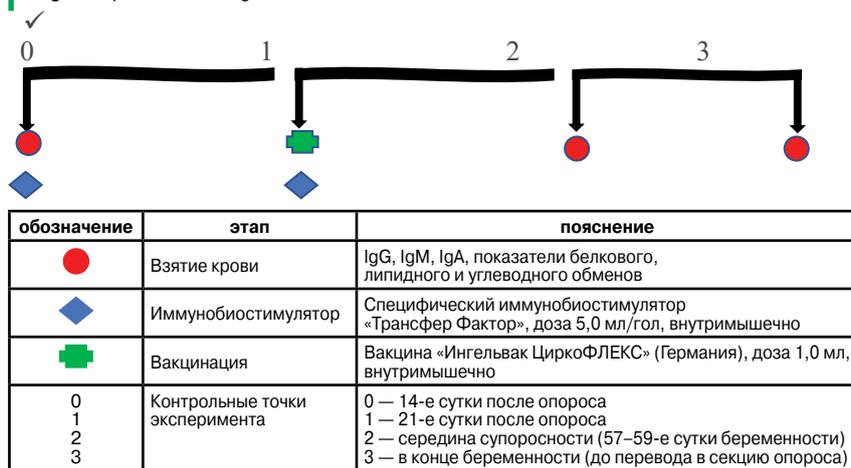
1. Концентрацию иммуноглобулинов (*IgG*, *IgM*). Метод определения — иммунотурбидиметрический. Для этих целей использовали готовые наборы реактивов «Иммуноглобулин G-Витал», «Иммуноглобулин M-Витал», производителем которых являлся АО «Витал Девелопмент Корпорейшн» (Россия). Образцы сыворотки крови, контрольную и калибровочную пробы разводили физиологическим раствором. Температура инкубации проб — 25 °С; длина определения оптической плотности —  $\lambda = 340$  нм.

2. Уровень показателей, сопряженных с состоянием белкового обмена и желчевыделительной функции печени. Включали общий белок (ОБ, г/л), альбумины (Alb, г/л), мочевины (Moch, ммоль/л) активность аланинаминотрансферазы (АлАТ, ммоль/л·ч), аспартатаминотрансферазы (АсАТ, ммоль/л·ч) и щелочной фосфатазы (Е/л), общий билирубин (мкмоль/л). Для их определения использовали наборы готовых реагентов «Эко-Сервис», «Абрис» и «Витал» (поставщик «АниМед», Россия), основанные на методе колориметрии. Процедура анализов соответствовала инструкции по их проведению. Дополнительно расчетным путем были определены концентрация глобулинов (Gl, г/л), величина соотношений АсАТ/АлАТ (у. е.), общий белок (мочевина) (ОБ/Moch, у. е.) и альбумин (мочевина) (Alb/Moch, у. е.).

3. Концентрация параметров липидного обмена включала: общие липиды (г/л), триглицериды (ммоль/л),

Рис. 1. Экспериментальный дизайн

Fig. 1. Experimental design



холестерин (ммоль/л) и холестерин ЛПНП (ммоль/л). Метод определения — колориметрический. Для выполнения анализов использовались реагенты наборов «Ольвекс диагностикум» («Ольвекс Диагностикум», Россия) и «Витал» («Витал Девелопмент Корпорейшн», Россия).

Эффективность вакцинации в опытной и контрольной группах была оценена по производственным показателям: количеству выбывших за период эксперимента свиноматок в результате абортоса и прохолоста; учету числа родившихся поросят (гол.) от свиноматок, в том числе мертворожденных; количеству оприходованных поросят (гол.); выходу поросят на один опорос (гол.) и их сохранности на опоросе (%) [13].

Данные по экономической эффективности использования препарата «Трансфер Фактор» были представлены специалистами свинокомплекса.

Статистическая обработка данных была направлена на опровержение гипотезы, согласно которой препарат «Трансфер Фактор» не оказывал влияния на эффективность вакцинации. Все цифровые данные были представлены в виде среднего значения  $\pm$  стандартная ошибка среднего значения. Статистические данные были получены с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010 (США). Значения вероятности  $p < 0,05$  считались статистически значимыми.

Эксперименты проведены с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, использующихся для научных целей<sup>2</sup>, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ<sup>3</sup>.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Во время лактации и беременности иммунобиологический статус матери является залогом будущего здоровья и продуктивности поросят [26]. При этом важную роль играют иммуноглобулины, регулирующие иммунное состояние развивающихся плодов и реакции поросят в период новорожденности [27]. В частности, иммунологический статус свиноматок в период лактации сопряжен с процессом созревания иммунной системы новорожденных и регуляцией ее функций, так как посредством молозива и молока в их организм поступают материнские иммуноглобулины и цитокинины [28].

В период беременности иммуноглобулины позволяют организму свиноматок контролировать «материнскую

<sup>2</sup> [https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive\\_201063\\_rus.pdf](https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf)

<sup>3</sup> Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

инфекцию», снижая ее воспалительное воздействие, что отражается на врожденной реакции и восприимчивости новорожденных к данным инфекционным агентам [27].

В исследованиях [7] отмечено, что иммунология беременности основана на подавлении иммунитета в организме матери, что обеспечивает развитие плода, но и определяет повышенный риск для развития бактериальной и вирусной инфекции, имеющей пагубные последствия для выживаемости плода. Поэтому по изменчивости в крови свиноматок иммуноглобулинов в период лактации и беременности можно судить о сбалансированности в их организме воспалительных процессов и иммунологических реакций, уровне реакционной способности организма животных в заданных условиях технологической среды, а также определить тип иммунного ответа (первичный, вторичный) на вакцинацию [13].

При анализе полученных данных ориентировались на опровержение нулевой гипотезы, согласно которой сочетание вакцинации с введением «Трансфер Фактора» не оказало влияния на ее эффективность.

Необходимо отметить, что поствакцинальный период свиноматок, в который происходит выработка вируснейтрализующих антител, сочетался с прекращением лактации, осеменением и беременностью. Данные стадии технологического цикла значимо влияют на эффективность формируемого иммунитета, так как сопровождаются иммунологическими перестройками в организме животных.

В контрольной и опытной группах свиноматок в контрольной точке эксперимента 0 (14-е сутки после опороса) уровень IgG колебался на уровне  $4,97 \pm 0,16$  и  $5,44 \pm 0,23$  г/л (рис. 2), то есть не был статистически различен.

В общей сумме иммуноглобулинов крови лактирующих свиноматок IgG составляли от 73 до 74%. По данным [29], основной их функцией в организме свиноматок в данный период репродуктивного цикла являлось поддержание определенного уровня IgG в составе молока, так как их основным источником являются иммуноглобулины крови, поступающие в секрет за счет селективного транспорта через альвеолярный эпителий молочной железы.

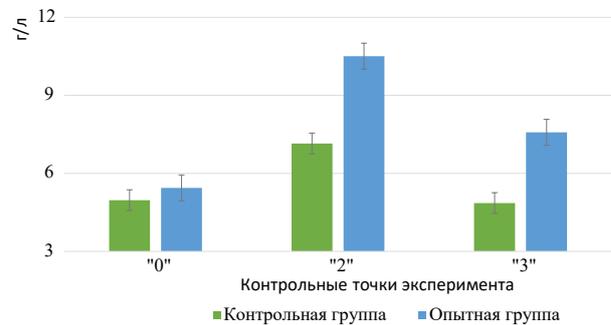
Вакцинация свиноматок, как уже было отмечено, осуществлялась в конце лактации и совпадала с отъемом поросят, определяя резкие сдвиги в состоянии иммунитета. При этом для выработки поствакцинальных нейтрализующих антител против цирковируса в необходимом количестве необходима стимуляция функциональной активности В-лимфоцитов [30], а для развития беременности, наоборот, снижение иммунологической реактивности организма матери к антигенам плода. Это достигается путем выработки ряда иммуносупрессивных соединений (стероидные гормоны, специфические белки плаценты) [31]. Совокупность данных факторов влияла на характер иммунного ответа организма свиноматок в поствакцинальный период.

Так, в контрольной точке эксперимента 2 (57–59-е сутки беременности) в крови свиноматок контрольной и опытной групп увеличивалась концентрация IgG до  $7,15 \pm 0,40$  и  $10,51 \pm 0,27$  г/л (рис. 2), превышая уровень лактирующих животных в 1,43 и 1,93 раза ( $p < 0,05$ ). Межгрупповые различия составляли 46,99% ( $p < 0,05$ ). При этом доля IgG в общей сумме иммуноглобулинов крови у свиноматок контрольной группы составляла 66,51%, а опытной — 82,56%.

Как известно, IgG участвуют в поддержании иммунологической памяти, влияя на активность системы

**Рис. 2.** Уровень IgG в крови свиноматок в контрольные точки эксперимента: точка 0 — 14-е сутки после опороса; точка 2 — середина супоросности (57–59-е сутки беременности); точка 3 — в конце беременности (до перевода в секцию опороса)

**Fig. 2.** The IgG level in the blood of sows at the control points of the experiment: point 0 — the 14th day after farrowing; point 2 — the middle of pregnancy (57–59 days of pregnancy); point 3 — at the end of pregnancy (before transfer to the farrowing section)



комплемента, фагоцитарные свойства нейтрофилов и макрофагов [32], а при беременности — в формировании пассивного иммунитета у развивающихся плодов [30]. Следовательно, увеличение IgG в крови свиноматок в середине супоросности и после текущей вакцинации отражало степень проявления механизмов вторичного иммунного ответа. Они обеспечивали, во-первых, лизис антигенных частиц, в том числе и развивающихся плодов, а во-вторых — выработку дополнительного количества поствакцинальных нейтрализующих антител, что типично для ревакцинации [30].

Более выраженный прирост числа IgG в крови животных в условиях сочетания вакцинации с введением «Трансфер Фактора» объясняется тем, что препарат содержит цитокины, которые способны действовать как иммуномодуляторы, усиливая активность макрофагов, увеличивая локальные уровни антител, индуцируя выработку интерферона и активируя клетки-киллеры [33].

В контрольной точке эксперимента 3 (в конце беременности — до перевода в секцию опороса) количество IgG в крови свиноматок снижалось (рис. 2), что специфично для данного срока беременности и обусловлено переходом иммуноглобулинов через плаценту к плодам [31]. Однако различия между контрольной и опытной группами составляли 1,56 раза ( $p < 0,05$ ). Это отражало способность «Трансфер Фактора» поддерживать активность иммунного ответа в организме животных, определяя степень проявления защитных функций иммунной системой.

О правомерности данного вывода свидетельствовал тот факт, что в крови свиноматок контрольной группы доля IgG в общей сумме защитных белков составила 57,78%, а опытной — 81,76%.

Следовательно, введение в схему вакцинации «Трансфер Фактора» статистически значимо влияло на уровень IgG в крови свиноматок в поствакцинальный период, определяя развитие иммунного ответа преимущественно по вторичному механизму за счет выработки необходимого количества антигенспецифических вируснейтрализующих антител.

В качестве доказательной базы сделанного вывода проанализировали изменчивость в крови свиноматок иммуноглобулинов IgM, которые образуются в результате контакта плазматических клеток с различными чужеродными антигенами и характеризуют процесс развития первичного иммунного ответа [32]. В контрольной точке эксперимента 0 они составляли у свиноматок контрольной и опытной групп 24,18–24,39% от общего пула

иммуноглобулинов в крови, или  $1,63\ 0,09-1,81 \pm 0,15$  г/л (рис. 3), отражая уровень общей «первичной» антигенной нагрузки на их организм в существующих технологических условиях.

В крови свиноматок контрольной группы в контрольных точках эксперимента 2 и 3 концентрация IgM увеличивалась (рис. 3), превышая уровень лактирующих животных в 1,98–2,02 раза ( $p < 0,05$ ) и составляя в общем пуле иммуноглобулинов 30,70–38,41%, что свидетельствовало о возрастании доли иммунологических процессов, протекающих по механизму первичного иммунного ответа в исследуемой популяции свиней. В то же время в опытной группе наблюдалась противоположная тенденция. Уровень IgM статистически значимо не изменялся, но имел тенденцию к снижению. При этом межгрупповые различия составили 1,63–2,11 раза ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, в популяции свиноматок контрольной группы поствакцинальный иммунитет формировался в условиях прироста количества механизмов первичного иммунного ответа, в опытной группе — приоритетно обеспечивался за счет механизмов вторичного иммунного ответа, определяющих продуцирование опсонизирующих и вируснейтрализующих антител [34].

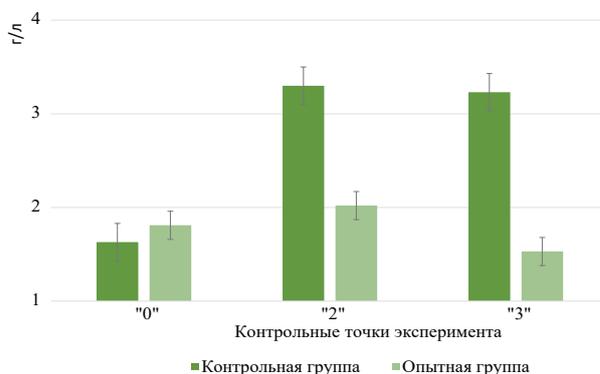
В качестве одного из критериев эффективности вакцинации были использованы метаболический статус свиноматок и его изменчивость в поствакцинальный период. По данным [35], он определяет защитно-компенсаторный потенциал организма животных. В роли метаболических индикаторов оценивали показатели крови, которые характеризуют активность и направленность обменных процессов в организме животных. Во-первых, охарактеризовали изменчивость белкового метаболизма в ходе репродуктивного цикла свиноматок с учетом беременности и вакцинации против ЦВС 2. В качестве фоновой точки использовались показатели крови, соответствующие периоду лактации (контрольная точка эксперимента — 0).

При анализе данных учитывали тот факт, что белковый метаболизм преимущественно ориентирован на катаболизм [36–38], что сопряжено со вскармливанием свиноматками большого помета в условиях «физиологически обусловленного» несоответствия потребления корма потребностям организма в энергии и питательных веществах [39]. В контрольной точке эксперимента 0 биохимический состав крови свиноматок контрольной и опытной групп не имел статистически значимых различий. В частности, уровень общего белка и мочевины колебался в пределах верхних границ нормы, свидетельствуя о мобилизации белковых ресурсов в их организме и активном использовании белковых молекул в качестве субстратов катаболизма. При этом ограничивалась скорость анаболизма альбуминов и интенсивность альбуминсинтезирующей функции печени, так как их уровень поддерживался в крови свиней только на нижней границе нормы.

Способность свиноматок в период лактации активно мобилизовать тканевые белковые ресурсы для поддержания оптимального «производства молока» определяется тем, что современные породы свиней легко теряют и набирают мышечную массу [40], изменяя свою упитанность. У них уже генетически обусловлена сопряженность производства молочного белка в ходе лактации со скоростью мобилизации скелетных мышц. При этом эта особенность метаболического состояния свиноматок не зависит от уровня их кормления.

**Рис. 3.** Уровень IgM в крови свиноматок в контрольные точки эксперимента: точка 0 — 14-е сутки после опороса; точка 2 — середина супоросности (57–59-е сутки беременности); точка 3 — в конце беременности (до перевода в секцию опороса)

**Fig. 3.** The level of IdM in the blood of sows at the control points of the experiment: point 0 — the 14th day after farrowing; point 2 — the middle of pregnancy (57–59 days of pregnancy); point 3 — at the end of pregnancy (before transfer to the farrowing section)



**Таблица 1.** Показатели белкового метаболизма и желчевыделительной функции печени в организме свиноматок ( $n = 10$ ),  $\bar{X} \pm S_x$

**Table 1.** Indicators of protein metabolism and biliary liver function in the body of sows ( $n = 10$ ),  $\bar{X} \pm S_x$

Показатели крови	Норма	Контрольные точки эксперимента		
		0 (14-е сутки после опороса)	2 (середина супоросности, 57–59-е сутки беременности)	3 (в конце беременности — до перевода в секцию опороса)
<i>Контрольная группа</i>				
Общий белок, г/л	55–86	80,63 ± 1,01	74,40 ± 0,55* <sup>1</sup>	72,60 ± 0,48* <sup>1</sup>
Альбумины, г/л	40–50	42,21 ± 0,52	40,56 ± 0,53	38,98 ± 0,40* <sup>1</sup>
Глобулины, г/л	–	38,42 ± 0,45	33,84 ± 0,32* <sup>1</sup>	33,62 ± 0,22* <sup>1</sup>
Мочевина, ммоль/л	3–8	6,34 ± 0,14	4,92 ± 0,19* <sup>1</sup>	4,51 ± 0,16* <sup>1</sup>
ОБ/Моч, у. е.	–	12,71 ± 0,50	15,12 ± 0,49* <sup>1</sup>	16,09 ± 0,54* <sup>1</sup>
Алб/Моч, у. е.	–	6,66 ± 0,36	8,24 ± 0,15* <sup>1</sup>	8,64 ± 0,29* <sup>1</sup>
АсАТ, ммоль/л·ч	0,6–2,1	0,68 ± 0,09	0,84 ± 0,03* <sup>1</sup>	0,88 ± 0,03* <sup>1</sup>
АлАТ, ммоль/л·ч	0,3–1,2	1,45 ± 0,06	1,56 ± 0,04	1,62 ± 0,03* <sup>1</sup>
АсАТ/АлАТ, у. е.	–	0,47 ± 0,07	0,54 ± 0,03* <sup>1</sup>	0,54 ± 0,02* <sup>1</sup>
Щелочная фосфатаза, Е/л	30–150	55,89 ± 2,49	103,20 ± 2,17* <sup>1</sup>	120,17 ± 2,78* <sup>1</sup>
Общий билирубин, мкмоль/л	0–6,8	2,62 ± 0,27	7,01 ± 0,29* <sup>1</sup>	7,39 ± 0,45* <sup>1</sup>
<i>Опытная группа</i>				
Общий белок, г/л	55–86	79,66 ± 1,93	78,30 ± 0,21* <sup>2</sup>	77,79 ± 1,20* <sup>2</sup>
Альбумины, г/л	40–50	42,00 ± 0,47	40,49 ± 0,54	39,56 ± 0,38* <sup>1</sup>
Глобулины, г/л	–	37,66 ± 1,72	37,81 ± 0,18* <sup>2</sup>	38,23 ± 0,27* <sup>2</sup>
Мочевина, ммоль/л	3–8	6,14 ± 0,20	4,39 ± 0,17* <sup>1</sup>	3,92 ± 0,18* <sup>1+2</sup>
ОБ/Моч, у. е.	–	12,97 ± 0,60	17,83 ± 0,21* <sup>1+2</sup>	19,84 ± 0,26* <sup>1+2</sup>
Алб/Моч, у. е.	–	6,84 ± 0,34	9,22 ± 0,17* <sup>1+2</sup>	10,09 ± 0,24* <sup>1</sup>
АсАТ, ммоль/л·ч	0,6–2,1	0,63 ± 0,13	1,47 ± 0,06* <sup>1+2</sup>	1,50 ± 0,11* <sup>1+2</sup>
АлАТ, ммоль/л·ч	0,3–1,2	1,39 ± 0,14	0,57 ± 0,01* <sup>1+2</sup>	0,55 ± 0,02* <sup>1+2</sup>
АсАТ/АлАТ, у. е.	–	0,45 ± 0,07	2,58 ± 0,03* <sup>1+2</sup>	2,73 ± 0,06* <sup>1+2</sup>
Щелочная фосфатаза, Е/л	30–150	45,34 ± 4,88	94,88 ± 1,23* <sup>1+2</sup>	100,11 ± 1,33* <sup>1+2</sup>
Общий билирубин, мкмоль/л	0–6,8	2,13 ± 0,31	4,23 ± 0,05* <sup>1+2</sup>	4,57 ± 0,13* <sup>1+2</sup>

*Примечание:* \*<sup>1</sup>  $p < 0,05$  по отношению к данным на 14-е сутки после опороса; \*<sup>2</sup>  $p < 0,05$  по отношению к контрольной группе; норма — по М.А. Медведевой<sup>4</sup>, А.П. Курдеко<sup>5</sup> и др.

Хотелось бы отметить, что в период лактации в крови свиноматок контрольной и опытной групп увеличивалась активность фермента АлАТ, превышая верхнюю границу нормы на 15,83–20,83% (табл. 1). Следовательно, в схеме катаболизма белков крови формировался маршрут, начинающийся с общего белка и альбуминов

<sup>4</sup> Медведева М.А. Клиническая ветеринарная лабораторная диагностика: справочник для ветеринарных врачей. М.: Аквариум-Принт. 2008; 416.

<sup>5</sup> Курдеко А.П., Хлебук Н.К., Петровский С.В., Дубина И.Н., Демидович А.П., Мацонинов А.А. Биохимический контроль состояния здоровья свиней. Горки: БГСХА. 2013; 48.

и являющийся зоной приложения активности аланинаминотрансферазы, посредством которой углеродные остатки свободных аминокислот включались в глюкозо-аланиновый шунт, а аммиак утилизировался через синтез мочевины. При этом со стороны гепатоцитов была выражена «цитолитическая реакция».

В поствакцинальный период белковый метаболизм приоритетно был ориентирован на удовлетворение потребностей организма матери и развивающихся плодов [41]. При этом в популяции свиноматок опытной и контрольной групп выявлялись общие сдвиги в показателях крови, которые имели адаптивный характер и были направлены на создание условий для прогрессирования беременности. Так, уменьшалась концентрация общего белка за счет альбуминов. По данным [42], это является следствием появления дополнительного круга кровообращения в организме матери и способности белков регулировать онкотическое давление крови. Кроме этого, снижался уровень мочевины, свидетельствуя о задержке белкового азота в организме свиноматок. При этом увеличивалась скорость оборота белков в схеме метаболизма «общий белок — мочевина» и «альбумины — мочевина», а также возрастала скорость переаминирования свободных аминокислот и усиливалась желчевыделительная функция печени.

Совокупность показателей крови характеризуют уровень интеграции белкового и азотистого обмена в организме беременных свиноматок и возможности поддержания потребностей плодов в белке за счет изменений в метаболизме аминокислот, синтезе мочевины и использовании остатков аминокислот в цикле Кребса и глюконеогенезе [43].

Несмотря на общие закономерности формирования белкового метаболизма в организме свиноматок в поствакцинальный период, были выявлены некоторые отличия между животными контрольной и опытной групп (табл. 1). Так, в условиях сочетания вакцинации с введением «Трансфер Фактора» убыль количества общего белка и альбуминов в крови животных была менее существенна и составляла 1,70–2,34% и 3,59–5,80% соответственно (в контроле — 7,73–9,96% и 3,90–7,65%), что отразилось на концентрации глобулинов.

В крови «контрольных» свиноматок уровень глобулинов уменьшился на 11,92–12,42% ( $p < 0,05$ ). В то же время у «опытных» увеличивался до 1,51% (хоть и не достоверно), но межгрупповые различия по концентрации мочевины, скорости оборота белка в схеме метаболизма «общий белок — мочевина» и «альбумины — мочевина» составили от 11,89 до 23,31%. При этом свиноматки опытной группы проявили более высокую склонность к «задержке» белкового азота в своем организме.

Белковый метаболизм сопряжен с активностью ферментов переаминирования, определяющих специфику использования аминокислот после дезаминирования [44]. Хотя активность трансаминаз в поствакцинальный период возрастала в крови свиноматок (табл. 1), но у животных контрольной группы было выявлено превышение границ нормы для активности АЛАТ (на 30,00–35,00%) и ее преобладание над уровнем АСАТ (АСАТ/АЛАТ — 0,54 у. е.). В крови свиноматок опытной популяции уровень ферментов соответствовал нормативным границам. При этом активность АСАТ доминировала над АЛАТ (АСАТ/АЛАТ — 2,58–2,73 у. е.). Следовательно,

аминотрансферазный профиль крови животных определял приоритетный путь утилизации углеродных остатков аминокислот в их организме. В контрольной группе он был анаболическим — глюконеогенез, а в опытной — катаболическим (посредством цикла Кребса) [44]. При этом у животных контрольной группы сохранялась «цитолитическая реакция» со стороны гепатоцитов.

В поствакцинальный период, как уже было отмечено, усиливалась холестатическая функция печени (маркеры — щелочная фосфатаза, общий билирубин). При этом в контроле концентрация общего билирубина превышала границы нормы на 3,09–8,68%, а в опыте соответствовала диапазону нормативных значений (табл. 1).

Таким образом, при анализе показателей белкового метаболизма и сопряженной с ним холестатической функции печени не была доказана гипотеза, согласно которой препарат «Трансфер Фактор» не оказывал влияния на биологический статус свиноматок в поствакцинальный период. Во-вторых, при оценке метаболического статуса свиноматок в поствакцинальный период был проанализирован липидный спектр крови в ходе репродуктивного цикла.

При его анализе учитывали, что липидный обмен у свиней обеспечивает до 50% потребностей в метаболической энергии за счет высокой склонности их организма накапливать значительные запасы жира [45]. При этом свиноматки современных пород в период лактации легко мобилизуют не только белковые, но и липидные ресурсы [40], использующиеся в производстве молока с питательностью, обеспечивающей потребности быстрорастущего помета [46]. Фоновые показатели крови, выявленные в контрольной точке эксперимента 0 и соответствующие 14-м суткам лактации, не имели статистически значимых различий у свиноматок контрольной и опытной групп (табл. 2).

При этом уровень общих липидов был меньше границы нормы (на 8,00–12,28%), а триглицеридов и холестерина — соответствовал ее нижнему пределу, отражая скорость использования запасов жировых депо в энергетических и синтетических процессах в организме лактирующих свиноматок.

По данным [46], липидный метаболизм к концу периода лактации ориентирован не только на производство молока, но и на сохранение жировых запасов для будущего репродуктивного цикла.

Поствакцинальный период у свиноматок контрольной и опытной групп совпадал с самым критическим периодом репродуктивного цикла — беременностью [47],

Таблица 2. Показатели липидного обмена в организме свиноматок ( $n = 10$ ),  $X \pm Sx$

Table 2. Indicators of lipid metabolism in the body of sows ( $n = 10$ ),  $X \pm Sx$

Показатели крови	Норма	Контрольные точки эксперимента		
		0 (14-е сутки после опороса)	2 (середина супоросности, 57–59-е сутки беременности)	3 (в конце беременности — до перевода в секцию опороса)
Контрольная группа				
Общие липиды, г/л	3,5–5,2	3,22 ± 0,17	2,40 ± 0,15 <sup>*1</sup>	2,15 ± 0,08 <sup>*1</sup>
Холестерин, ммоль/л	1,8–3,4	2,29 ± 0,09	2,06 ± 0,10	1,87 ± 0,09 <sup>*1</sup>
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	–	0,63 ± 0,02	0,74 ± 0,02 <sup>*1</sup>	0,85 ± 0,04 <sup>*1</sup>
Триглицериды, ммоль/л	0,5–1,0	0,53 ± 0,03	0,64 ± 0,02 <sup>*1</sup>	0,71 ± 0,03 <sup>*1</sup>
Опытная группа				
Общие липиды, г/л	3,5–5,2	3,07 ± 0,12	3,80 ± 0,21 <sup>*1*2</sup>	4,22 ± 0,09 <sup>*1*2</sup>
Холестерин, ммоль/л	1,8–3,4	2,04 ± 0,10	2,29 ± 0,09 <sup>*1*2</sup>	2,34 ± 0,08 <sup>*1*2</sup>
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	–	0,60 ± 0,02	0,63 ± 0,02 <sup>*2</sup>	0,64 ± 0,07 <sup>*2</sup>
Триглицериды, ммоль/л	0,5–1,0	0,56 ± 0,02	0,79 ± 0,03 <sup>*1*2</sup>	0,92 ± 0,02 <sup>*1*2</sup>

Примечание: <sup>\*1</sup>  $p < 0,05$  по отношению к данным в контрольной точке 0 (14-е сутки после опороса); <sup>\*2</sup>  $p < 0,05$  по отношению к контрольной группе; норма — по А.П. Курдеко и др. (2013 г.) [39].

в который основные энергозатраты организма определялись потребностями развивающихся плодов. Однако липидный спектр крови животных имел значительные межгрупповые различия. У опытных свиноматок в ходе беременности увеличивалось количество общих липидов (на 23,78–37,45%), триглицеридов (на 41,07–64,28%), общего холестерина (на 12,25–14,71%) в условиях сохранения концентрации холестерина ЛПНП. При этом все параметры соответствовали границам нормы, то есть липидный метаболизм был физиологически обусловленным и создавал основу для благоприятного исхода беременности.

По данным [48], выявленная совокупность липидных параметров у опытных свиноматок была результатом способности их организма в период беременности создавать запас «материнского жира», который является источником энергии для развивающихся плодов и может «буферизировать» краткосрочные или среднесрочные изменения в энергоснабжении.

Логично предположить, что немаловажную роль в формировании направленности изменений в материнском организме играла эффективность вакцинации против ЦВС 2.

В то же время у свиноматок контрольной группы в период беременности отмечалось уменьшение концентрации общих липидов (на 25,46–33,22%), общего холестерина (на 10,04–18,34%) на фоне прироста количества холестерина ЛПНП (на 17,46–34,92%) и триглицеридов (на 20,72–33,96%), то есть липидный обмен претерпевал изменения, направленные на увеличение скорости использования резервных жиров и их окисления, что, соответственно, отражалось на эффективности вакцинации и исходе беременности.

Следовательно, при анализе липидного спектра крови гипотеза, согласно которой препарат «Трансфер Фактор» не оказывал влияния на метаболическое состояние свиноматок в поствакцинальный период, не получила подтверждения.

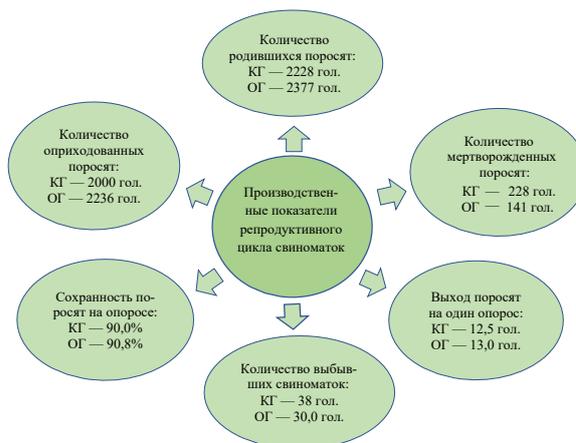
Для оценки эффективности вакцинации в опытной и контрольной группах использовали и производственные показатели (рис. 4), из которых были проанализированы межгрупповые различия по количеству выбывших за период эксперимента свиноматок (абортированных, прохолодившихся), по числу родившихся, мертворожденных и оприходованных поросят, по выходу поросят на один опорос и их сохранности на опоросе.

По данным [13], показатели экономически значимы и зависят от количества вируснейтрализующих антител, циркулирующих в организме свиноматок после вакцинации. Их анализ позволил проверить первоначально сформулированную гипотезу о том, что включение «Трансфер Фактора» в схему вакцинации не влияет на ее эффективность.

Было уже отмечено, что общее количество свиноматок в контрольной (КГ) и опытной (ОГ) группах составило 196 и 202 головы. За период эксперимента из поголовья свиноматок выбыли, соответственно, 38 и 30 голов, что позволило получить поросят от 160 и 172 животных. Общее количество поросят, которые родились у свиноматок контрольной и опытной групп, — 2228 и 2377 голов соответственно (рис. 4). При этом в КГ из общего числа

**Рис. 4.** Оценка эффективности вакцинации свиноматок по производственным показателям

**Fig. 4.** Evaluation of the effectiveness of vaccination of sows by production indicators



родившихся поросят 228 были мертворожденными, а в ОГ — только 141.

Межгрупповые различия по данному показателю были равны 38,15%. Соответственно, это отразилось на количестве оприходованных поросят (в контрольной группе 2000 гол., в опытной — 2236 гол.).

С учетом вышеприведенных производственных показателей был рассчитан выход поросят на один опорос, который составил в КГ 12,5 головы, а в опытной — 13. Межгрупповые различия в сохранности поросят на опоросе были равны 0,80% (рис. 4). Следовательно, при проверке гипотезы работы по производственным показателям были выявлены различия между опытной и контрольной группами, свидетельствуя о способности «Трансфер Фактора», включенного в схему вакцинации, влиять на иммунометаболический статус свиноматок и эффективность поствакцинального иммунитета.

Подводя итог работы, попытались составить схему положительного действия «Трансфер Фактора» на иммунометаболический статус «опытных» свиноматок и их производственные показатели при его использовании в схеме вакцинации против ЦВС-2 (рис. 5). Так, «Трансфер Фактор», выделенный из лейкоцитов гипериммунизированных животных, содержит провоспалительные цитокинины, поэтому его включение в схему вакцинации против ЦВС-2 в поствакцинальный период

**Рис. 5.** Положительные эффекты включения «Трансфер Фактора» в схему вакцинации свиноматок против ЦВС-2

**Fig. 5.** Positive effects of including “Transfer Factor” in the vaccination scheme of sows against porcine circovirus type 2



способствует активации механизмов вторичного и ограничению первичного иммунного ответа, определяя увеличение в крови IgG и снижение IgM. Это содействует выработке поствакцинальных нейтрализующих антител против цирковируса в необходимом количестве, а также формированию пассивного иммунитета у развивающихся плодов.

«Трансфер Фактор» в организме привитых свиноматок проявил гепатопротекторное действие, способствуя задержке белкового азота в их организме и созданию резервных запасов жира, нормализуя поток аминокислот в реакции переаминирования и формируя интенсивность желчевыделительной функции печени, стабилизируя клеточные мембраны гепатоцитов. Это позволяло организму свиноматок экономично использовать пластические и энергетические ресурсы, формируя адекватное состояние репродуктивных функций и обеспечивая более высокую выживаемость плодов и новорожденных поросят.

### Выводы/Conclusion

В совокупности исследования показывают, что введение в схему вакцинации свиноматок против ЦВС-2 «Трансфер Фактора», полученного из лейкоцитов гипериммунизированных животных, влияет на иммунометаболизм в организме животных, формируя иммунометаболический профиль, способствующий выработке вируснейтрализующих антител в необходимом количестве, что отражается на эффективности

поствакцинального иммунитета и величине производственных и экономически важных показателей.

В ходе формирования поствакцинального иммунитета приоритетна роль механизмов вторичного иммунного ответа, о чем свидетельствует увеличение концентрации IgG в 1,46–1,55 раза и уменьшение IgM в 1,63–2,11 раза по сравнению с контролем.

«Трансфер Фактор», обладая гепатопротекторными свойствами, изменяет функциональную способность клеток печени и стабилизирует состояние их мембранных структур. Это позволяет ориентировать белковый и липидный метаболизм в организме свиноматок в анаболическом направлении, способствуя задержке белкового азота и накоплению резервных жиров в организме животных, использованию углеводных остатков аминокислот посредством регуляции активности ферментов переаминирования (АлАТ, АсАТ) преимущественно в реакциях цикла Кребса, контролю желчегонной способности гепатоцитов и объемов синтезируемого холестерина, включая его количество в составе ЛПНП.

Коррекция иммунометаболического статуса свиноматок в поствакцинальный период позволяет (по сравнению с контролем) снизить выбытие свиноматок из популяции свиного комплекса на 21,05%, мертворожденность поросят на 38,15%, увеличив число оприходованных на 10,55%, выход поросят на один опорос с 12,5 голов до 13 и повысив сохранность поросят на опоросе на 0,80%.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (соглашение от 25.03.2022 № 22-16-20007).

### FUNDING

The materials were prepared within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation in 2021 "Conducting foundation scientific research and search for scientific research by individual scientific groups" (Agreement of 25.03.2022 No. 22-16-20007).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Cheng C., Wei H., Yu H., Xu C., Jiang S., Peng J. Metabolic Syndrome During Perinatal Period in Sows and the Link With Gut Microbiota and Metabolites. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 1989. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01989>
- Крамарева И.А., Крамарев И.В., Семенютин В.В. Метаболический профиль крови свиноматок разного физиологического состояния при применении некоторых БАВ. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2017; 25: 91–98. <https://elibrary.ru/zxhhah>
- Nair R.R., Verma P., Singh K. Immuneendocrine crosstalk during pregnancy. *General and Comparative Endocrinology*. 2017; 242: 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.03.003>
- Liu B. *et al.* Consumption of Dietary Fiber from Different Sources during Pregnancy Alters Sow Gut Microbiota and Improves Performance and Reduces Inflammation in Sows and Piglets. *mSystems*. 2021; 6(1): e00591-20. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00591-20>
- Thum C. *et al.* Can Nutritional Modulation of Maternal Intestinal Microbiota Influence the Development of the Infant Gastrointestinal Tract?. *The Journal of Nutrition*. 2012; 142(11): 1921–1928. <https://doi.org/10.3945/jn.112.166231>
- Song H. *et al.* Effects of Dietary Monoglyceride and Diglyceride Supplementation on the Performance, Milk Composition, and Immune Status of Sows During Late Gestation and Lactation. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 714068. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.714068>
- Mor G., Aldo P., Alvero A.B. The unique immunological and microbial aspects of pregnancy. *Nature Reviews Immunology*. 2017; 17(8): 469–482. <https://doi.org/10.1038/nri.2017.64>
- Cox S.L., O'Siorain J.R., Fagan L.E., Curtis A.M., Carroll R.G. Intertwining roles of circadian and metabolic regulation of the innate immune response. *Seminars in Immunopathology*. 2022; 44(2): 225–237. <https://doi.org/10.1007/s00281-021-00905-5>

### REFERENCES

- Cheng C., Wei H., Yu H., Xu C., Jiang S., Peng J. Metabolic Syndrome During Perinatal Period in Sows and the Link With Gut Microbiota and Metabolites. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 1989. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01989>
- Kramareva I.A., Kramarev I.V., Semenyutin V.V. Metabolic profile of blood of sows in different physiological states in case of implementation of various biologically active substances. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences*. 2017; 25: 91–98 (in Russian). <https://elibrary.ru/zxhhah>
- Nair R.R., Verma P., Singh K. Immuneendocrine crosstalk during pregnancy. *General and Comparative Endocrinology*. 2017; 242: 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.03.003>
- Liu B. *et al.* Consumption of Dietary Fiber from Different Sources during Pregnancy Alters Sow Gut Microbiota and Improves Performance and Reduces Inflammation in Sows and Piglets. *mSystems*. 2021; 6(1): e00591-20. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00591-20>
- Thum C. *et al.* Can Nutritional Modulation of Maternal Intestinal Microbiota Influence the Development of the Infant Gastrointestinal Tract?. *The Journal of Nutrition*. 2012; 142(11): 1921–1928. <https://doi.org/10.3945/jn.112.166231>
- Song H. *et al.* Effects of Dietary Monoglyceride and Diglyceride Supplementation on the Performance, Milk Composition, and Immune Status of Sows During Late Gestation and Lactation. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 714068. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.714068>
- Mor G., Aldo P., Alvero A.B. The unique immunological and microbial aspects of pregnancy. *Nature Reviews Immunology*. 2017; 17(8): 469–482. <https://doi.org/10.1038/nri.2017.64>
- Cox S.L., O'Siorain J.R., Fagan L.E., Curtis A.M., Carroll R.G. Intertwining roles of circadian and metabolic regulation of the innate immune response. *Seminars in Immunopathology*. 2022; 44(2): 225–237. <https://doi.org/10.1007/s00281-021-00905-5>

9. Mai J. *et al.* High Co-infection Status of Novel Porcine Parvovirus 7 With Porcine Circovirus 3 in Sows That Experienced Reproductive Failure. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 695553. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.695553>
10. Бурков П.В., Щербак П.Н., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Особенности формирования поствакцинального иммунитета против цирковирусной инфекции свиней и его коррекция. *Аграрная наука*. 2022; 10: 32–37. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-32-37>
11. Burkov P.V. *et al.* Pathological features of the lungs and liver of piglets under conditions of constant vaccination of livestock against circovirus infection. *Теория и практика переработки мяса*. 2023; 8(1): 4–11. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-1-4-11>
12. Бригадиров Ю.Н., Коцарев В.Н., Шапошников И.Т., Лобанов А.Э., Фалькова Ю.О. Некоторые показатели иммунобиохимического статуса свиноматок при воспалительных процессах в репродуктивных органах. *Российский ветеринарный журнал*. 2018; 1: 9–11. <https://elibrary.ru/ywvcb0>
13. Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербак П.Н., Дерхо А.О., Степанова К.В. Иммунологический статус свиноматок в ходе репродуктивного цикла и коррекция его состояния биостимулятором антигена направленного действия. *Аграрная наука*. 2023; 12: 58–66. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66>
14. Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербак П.Н. Цирковирус как фактор, контролирующий эффективность беременности у свиноматок. *Аграрная наука*. 2023; 8: 27–35. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35>
15. Стаффорд В.В. Цирковирусная инфекция свиней второго типа. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; 5: 306–309. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-05.39>
16. Zhao H. *et al.* Damage of zona pellucida reduces the developmental potential and quality of porcine circovirus type 2-infected oocytes after parthenogenetic activation. *Theriogenology*. 2014; 82(6): 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.06.003>
17. Hansen S. *et al.* Detection of porcine cytomegalovirus, a roseolovirus, in pig ovaries and follicular fluid: implications for somatic cells nuclear transfer, cloning and xenotransplantation. *Virology Journal*. 2023; 20: 15. <https://doi.org/10.1186/s12985-023-01975-7>
18. Bielanski A., Algire J., Lalonde A., Garceac A., Pollard J.W., Plante C. Nontransmission of porcine circovirus 2 (PCV2) by embryo transfer. *Theriogenology*. 2013; 80(2): 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.03.022>
19. Tummaruk P., Pearodwong P. Expression of PCV2 antigen in the ovarian tissues of gilts. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2016; 78(3): 457–461. <https://doi.org/10.1292/jvms.15-0450>
20. Uribe-García H.F., Suarez-Mesa R.A., Rondón-Barragán I.S. Survey of porcine circovirus type 2 and parvovirus in swine breeding herds of Colombia. *Veterinary Medicine and Science*. 2022; 8(6): 2451–2459. <https://doi.org/10.1002/vms3.949>
21. Раев С.А. Специфическая профилактика цирковирусных болезней свиней: современное состояние и перспективы. *Российский ветеринарный журнал*. 2014; 1: 26–29. <https://elibrary.ru/sahywn>
22. Guo J. *et al.* Porcine Circovirus Type 2 Vaccines: Commercial Application and Research Advances. *Viruses*. 2022; 14(9): 2005. <https://doi.org/10.3390/v14092005>
23. Kim K., Choi K., Shin M., Hahn T.-W. A porcine circovirus type 2d-based virus-like particle vaccine induces humoral and cellular immune responses and effectively protects pigs against PCV2d challenge. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 14: 1334968. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1334968>
24. Noh Y.-H. *et al.* Pathological Evaluation of Porcine Circovirus 2d (PCV2d) Strain and Comparative Evaluation of PCV2d and PCV2b Inactivated Vaccines against PCV2d Infection in a Specific Pathogen-Free (SPF) Yucatan Miniature Pig Model. *Vaccines*. 2022; 10(9): 1469. <https://doi.org/10.3390/vaccines10091469>
25. Deng Y. *et al.* A novel strategy for an anti-idiotype vaccine: nanobody mimicking neutralization epitope of porcine circovirus type 2. *Journal of Virology*. 2024; 98(2): e01650-23. <https://doi.org/10.1128/jvi.01650-23>
26. Li Q. *et al.* Maternal Nutrition During Late Gestation and Lactation: Association With Immunity and the Inflammatory Response in the Offspring. *Frontiers in Immunology*. 2022; 12: 758525. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.758525>
27. Llauradó-Calero E. *et al.* Eicosapentaenoic acid- and docosahexaenoic acid-rich fish oil in sow and piglet diets modifies blood oxylipins and immune indicators in both, sows and suckling piglets. *Animal*. 2022; 16(10): 100634. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100634>
28. Nguyen T.V., Yuan L., Azevedo M.S.P., Jeong K.-I., Gonzalez A.-M., Saif L.J. Transfer of maternal cytokines to suckling piglets: in vivo and in vitro models with implications for immunomodulation of neonatal immunity. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2007; 117(3–4): 236–248. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.02.013>
29. Quesnel H. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal*. 2011; 5(10): 1546–1553. <https://doi.org/10.1017/S17517311100070X>
9. Mai J. *et al.* High Co-infection Status of Novel Porcine Parvovirus 7 With Porcine Circovirus 3 in Sows That Experienced Reproductive Failure. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 695553. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.695553>
10. Burkov P.V., Scherbakov P.N., Derkho M.A., Rebezov M.B. Aspects of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus infection and its correction. *Agrarian science*. 2022; 10: 32–37 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-32-37>
11. Burkov P.V. *et al.* Pathological features of the lungs and liver of piglets under conditions of constant vaccination of livestock against circovirus infection. *Theory and practice of meat processing*. 2023; 8(1): 4–11. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-1-4-11>
12. Brigadirov Yu.N., Kotsarev V.N., Shaposhnikov I.T., Lobanov A.E., Falkova Yu.O. Some Indicators of Immuno-Biochemical Status of Sows in Case of Inflammatory Processes in Reproductive Organs. *Russian veterinary journal*. 2018; 1: 9–11 (in Russian). <https://elibrary.ru/ywvcb0>
13. Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Shcherbakov P.N., Derkho A.O., Stepanova K.V. Immunological status of sows during the reproductive cycle and correction of its condition with an antigen-directed biostimulator. *Agrarian science*. 2023; 12: 58–66 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66>
14. Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Scherbakov P.N. Circovirus as a factor controlling the effectiveness of pregnancy in sows. *Agrarian science*. 2023; 8: 27–35 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35>
15. Stafford V.V. Second type of pigs' circovirus infection. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; 5: 306–309 (in Russian). <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-05.39>
16. Zhao H. *et al.* Damage of zona pellucida reduces the developmental potential and quality of porcine circovirus type 2-infected oocytes after parthenogenetic activation. *Theriogenology*. 2014; 82(6): 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.06.003>
17. Hansen S. *et al.* Detection of porcine cytomegalovirus, a roseolovirus, in pig ovaries and follicular fluid: implications for somatic cells nuclear transfer, cloning and xenotransplantation. *Virology Journal*. 2023; 20: 15. <https://doi.org/10.1186/s12985-023-01975-7>
18. Bielanski A., Algire J., Lalonde A., Garceac A., Pollard J.W., Plante C. Nontransmission of porcine circovirus 2 (PCV2) by embryo transfer. *Theriogenology*. 2013; 80(2): 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.03.022>
19. Tummaruk P., Pearodwong P. Expression of PCV2 antigen in the ovarian tissues of gilts. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2016; 78(3): 457–461. <https://doi.org/10.1292/jvms.15-0450>
20. Uribe-García H.F., Suarez-Mesa R.A., Rondón-Barragán I.S. Survey of porcine circovirus type 2 and parvovirus in swine breeding herds of Colombia. *Veterinary Medicine and Science*. 2022; 8(6): 2451–2459. <https://doi.org/10.1002/vms3.949>
21. Raev S.A. Vaccination against porcine circovirus diseases: the present state and future prospects. *Russian veterinary journal*. 2014; 1: 26–29 (in Russian). <https://elibrary.ru/sahywn>
22. Guo J. *et al.* Porcine Circovirus Type 2 Vaccines: Commercial Application and Research Advances. *Viruses*. 2022; 14(9): 2005. <https://doi.org/10.3390/v14092005>
23. Kim K., Choi K., Shin M., Hahn T.-W. A porcine circovirus type 2d-based virus-like particle vaccine induces humoral and cellular immune responses and effectively protects pigs against PCV2d challenge. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 14: 1334968. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1334968>
24. Noh Y.-H. *et al.* Pathological Evaluation of Porcine Circovirus 2d (PCV2d) Strain and Comparative Evaluation of PCV2d and PCV2b Inactivated Vaccines against PCV2d Infection in a Specific Pathogen-Free (SPF) Yucatan Miniature Pig Model. *Vaccines*. 2022; 10(9): 1469. <https://doi.org/10.3390/vaccines10091469>
25. Deng Y. *et al.* A novel strategy for an anti-idiotype vaccine: nanobody mimicking neutralization epitope of porcine circovirus type 2. *Journal of Virology*. 2024; 98(2): e01650-23. <https://doi.org/10.1128/jvi.01650-23>
26. Li Q. *et al.* Maternal Nutrition During Late Gestation and Lactation: Association With Immunity and the Inflammatory Response in the Offspring. *Frontiers in Immunology*. 2022; 12: 758525. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.758525>
27. Llauradó-Calero E. *et al.* Eicosapentaenoic acid- and docosahexaenoic acid-rich fish oil in sow and piglet diets modifies blood oxylipins and immune indicators in both, sows and suckling piglets. *Animal*. 2022; 16(10): 100634. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100634>
28. Nguyen T.V., Yuan L., Azevedo M.S.P., Jeong K.-I., Gonzalez A.-M., Saif L.J. Transfer of maternal cytokines to suckling piglets: in vivo and in vitro models with implications for immunomodulation of neonatal immunity. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2007; 117(3–4): 236–248. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.02.013>
29. Quesnel H. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal*. 2011; 5(10): 1546–1553. <https://doi.org/10.1017/S17517311100070X>

30. Топтыгина А.П., Андреев Ю.Ю., Смердова М.А., Зеткин А.Ю., Клыккова Т.Г. Формирование гуморального и клеточного иммунитета на коревую вакцину у взрослых. *Инфекция и иммунитет*. 2020; 10(1): 137–144. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-FOH-1334>
31. Смирнова Т.Л., Портнова Е.В., Сергеева В.Е. Иммунитет беременности. *Вестник Чувашского университета*. 2009; 2: 79–85. <https://elibrary.ru/kwhrnf>
32. Киргизов К.И., Скоробогатова Е.В. Внутривенные иммуноглобулины: применение современных физиологических растворов способно улучшить результаты терапии. *Российский журнал детской гематологии и онкологии*. 2015; 2(2): 77–83. <https://elibrary.ru/twitz>
33. Than N.G., Hahn S., Rossi S.W., Szekeres-Bartho J. Editorial: Fetal-Maternal Immune Interactions in Pregnancy. *Frontiers in Immunology*. 2019; 10: 2729. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02729>
34. Алпатова Н.А., Авдеева Ж.И., Гайдерова Л.А., Лысикова С.Л., Медуницын Н.В. Иммунный ответ при иммунизации противовирусными вакцинами. БИО-препараты. *Профилактика, диагностика, лечение*. 2020; 20(1): 21–29. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-1-21-29>
35. Бригадиров Ю.Н., Коцарев В.Н., Шапошников И.Т., Лобанов А.Э., Борисенко Н.А. Метаболический статус и поствакцинальный иммунитет у крупного рогатого скота в зоне промышленных выбросов. *Ветеринарный врач*. 2018; 2: 24–29. <https://elibrary.ru/yvsqxs>
36. Hultén E., Neil M., Einarsson S., Håkansson J. Energy Metabolism During Late Gestation and Lactation in Muciparous Sows in Relation to Backfat Thickness and the Interval from Weaning to First Oestrus. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1993; 34(1): 9–20. <https://doi.org/10.1186/BF03548218>
37. Афонина К.А., Иванов В.А., Петрова С.А., Шамсутдинова Э.М. Анализ количественных изменений лейкоцитов периферической крови экспериментальных животных при действии медно-цинково-колчеданной руды. *Вестник Башкирского государственного медицинского университета*. 2018; S2–1: 1317–1321. <https://elibrary.ru/yubfzz>
38. Раимова А., Турсунова М.У., Саидов А.Б. Комплексная оценка белкового обмена и метаболизма железа у различных категорий доноров. *Боткинские чтения. Сборник тезисов Всероссийского терапевтического конгресса с международным участием*. СПб.: Человек и его здоровье. 2023; 216–217. <https://elibrary.ru/kbntfi>
39. Hu L. *et al.* Metabolomic Profiling Reveals the Difference on Reproductive Performance between High and Low Lactational Weight Loss Sows. *Metabolites*. 2019; 9(12): 295. <https://doi.org/10.3390/metabo9120295>
40. Costermans N.G.J. *et al.* Influence of the metabolic state during lactation on milk production in modern sows. *Animal*. 2020; 14(12): 2543–2553. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001536>
41. Kalhan S.C. Protein metabolism in pregnancy. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 71(5): 1249S–1255S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1249s>
42. Скрипкин В.С., Трухачев В.И., Квочко А.Н., Агарков А.В. Показатели белкового и азотистого обмена свиней в течение беременности. *Вестник КрасГАУ*. 2020; 12: 152–155. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-152-155>
43. Enthoven L.F. *et al.* The Effects of Pregnancy on Amino Acid Levels and Nitrogen Disposition. *Metabolites*. 2023; 13(2): 242. <https://doi.org/10.3390/metabo13020242>
44. Середта Т.И., Дерхо М.А. Оценка роли аминотрансфераз в формировании продуктивности у кур-несушек. *Сельскохозяйственная биология*. 2014; 49(2): 72–77. <https://elibrary.ru/sbjjrp>
45. Проворов А.С., Любин Н.А., Дежatkina С.В., Проворова Н.А., Губейдуллина З.М. Липидный статус свиноматок при использовании водно-растворимых препаратов бета-каротина. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012; 4: 57–61. <https://elibrary.ru/rkpfwp>
46. Rosero D.S., Boyd R.D., Odle J., van Heugten E. Optimizing dietary lipid use to improve essential fatty acid status and reproductive performance of the modern lactating sow: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2016; 7: 34. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0092-x>
47. Wang W. *et al.* Effect of maternal dietary starch-to-fat ratio and daily energy intake during late pregnancy on the performance and lipid metabolism of primiparous sows and newborn piglets. *Journal of Animal Science*. 2022; 100(4): skac033. <https://doi.org/10.1093/jas/skac033>
48. Roland M.C.P., Lekva T., Godang K., Bollerslev J., Henriksen T. Changes in maternal blood glucose and lipid concentrations during pregnancy differ by maternal body mass index and are related to birthweight: A prospective, longitudinal study of healthy pregnancies. *PLoS ONE*. 2020; 15(6): e0232749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232749>
30. Toptygina A.P., Andreev Yu.Yu., Smerdova M.A., Zetkin A.Yu., Klykova T.G. Formation of humoral and cellular immunity to measles vaccine in adults. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2020; 10(1): 137–144 (in Russian). <https://doi.org/10.15789/2220-7619-FOH-1334>
31. Smirnova T.L., Portnova E.V., Sergeeva V.E. Immunity and pregnancy. *Bulletin of the Chuvash University*. 2009; 2: 79–85 (in Russian). <https://elibrary.ru/kwhrnf>
32. Kirgizov K.I., Skorobogatova E.V. Intravenous immunoglobulins: application of modern physiological solution is able to improve results of the therapy. *Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology*. 2015; 2(2): 77–83 (in Russian). <https://elibrary.ru/twitz>
33. Than N.G., Hahn S., Rossi S.W., Szekeres-Bartho J. Editorial: Fetal-Maternal Immune Interactions in Pregnancy. *Frontiers in Immunology*. 2019; 10: 2729. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02729>
34. Alpatova N.A., Avdeeva Zh.I., Gayderova L.A., Lysikova S.L., Medunitsyn N.V. Immune Response Induced by Immunisation with Antiviral Vaccines. *BIOpreparations. Prevention, Diagnosis, Treatment*. 2020; 20(1): 21–29 (in Russian). <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-1-21-29>
35. Brigadirov Yu.N., Kotsarev V.N., Shaposhnikov I.T., Lobanov A.E., Borisenko N.A. Metabolic status and post-vaccination immunity in cattle in the area of industrial emissions into the atmosphere. *The Veterinarny Vrach*. 2018; 2: 24–29 (in Russian). <https://elibrary.ru/yvsqxs>
36. Hultén E., Neil M., Einarsson S., Håkansson J. Energy Metabolism During Late Gestation and Lactation in Muciparous Sows in Relation to Backfat Thickness and the Interval from Weaning to First Oestrus. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1993; 34(1): 9–20. <https://doi.org/10.1186/BF03548218>
37. Afonina K.A., Ivanov V.A., Petrova S.A., Shamsutdinova E.M. Analysis of quantitative changes in peripheral blood leukocytes of experimental animals under the influence of copper-zinc-pyrite ore. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2018; S2–1: 1317–1321 (in Russian). <https://elibrary.ru/yubfzz>
38. Raimova A., Tursunova M.U., Saidov A.B. Comprehensive assessment of protein metabolism and iron metabolism in various categories of donors. *Botkin readings. Collection of abstracts of the All-Russian Therapeutic Congress with international participation*. St. Petersburg: Chelovek i yego zdorov'ye. 2023; 216–217 (in Russian). <https://elibrary.ru/kbntfi>
39. Hu L. *et al.* Metabolomic Profiling Reveals the Difference on Reproductive Performance between High and Low Lactational Weight Loss Sows. *Metabolites*. 2019; 9(12): 295. <https://doi.org/10.3390/metabo9120295>
40. Costermans N.G.J. *et al.* Influence of the metabolic state during lactation on milk production in modern sows. *Animal*. 2020; 14(12): 2543–2553. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001536>
41. Kalhan S.C. Protein metabolism in pregnancy. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 71(5): 1249S–1255S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1249s>
42. Skripkin V.S., Trukhachev V.I., Kvochko A.N., Agarkov A.V. The indicators of protein and nitrogen metabolism in pigs during pregnancy. *Bulletin of KrasGAU*. 2020; 12: 152–155 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-152-155>
43. Enthoven L.F. *et al.* The Effects of Pregnancy on Amino Acid Levels and Nitrogen Disposition. *Metabolites*. 2023; 13(2): 242. <https://doi.org/10.3390/metabo13020242>
44. Sereda T.I., Derkho M.A. The role of aminotransferase activity in hen productivity. *Agricultural Biology*. 2014; 49(2): 72–77 (in Russian). <https://elibrary.ru/sbjjrp>
45. Provorov A.S., Lyubin N.A., Dezhatkina S.V., Provorova N.A., Gubeydullina Z.M. The lipid status of sows with use of water-soluble preparations beta-carotene. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2012; 4: 57–61 (in Russian). <https://elibrary.ru/rkpfwp>
46. Rosero D.S., Boyd R.D., Odle J., van Heugten E. Optimizing dietary lipid use to improve essential fatty acid status and reproductive performance of the modern lactating sow: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2016; 7: 34. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0092-x>
47. Wang W. *et al.* Effect of maternal dietary starch-to-fat ratio and daily energy intake during late pregnancy on the performance and lipid metabolism of primiparous sows and newborn piglets. *Journal of Animal Science*. 2022; 100(4): skac033. <https://doi.org/10.1093/jas/skac033>
48. Roland M.C.P., Lekva T., Godang K., Bollerslev J., Henriksen T. Changes in maternal blood glucose and lipid concentrations during pregnancy differ by maternal body mass index and are related to birthweight: A prospective, longitudinal study of healthy pregnancies. *PLoS ONE*. 2020; 15(6): e0232749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232749>

ОБ АВТОРАХ

**Павел Валерьевич Бурков<sup>1</sup>**

руководитель научно-исследовательского центра биотехнологии репродукции животных, кандидат ветеринарных наук  
burcovpavel@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

**Максим Борисович Ребезов<sup>2, 3</sup>**

— главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор<sup>2</sup>  
— профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук<sup>3</sup>  
rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

**Марина Аркадьевна Дерkho<sup>1</sup>**

заведующая кафедрой естественно-научных дисциплин, доктор биологических наук  
derkho2010@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

**Павел Николаевич Щербakov<sup>1</sup>**

профессор кафедры инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы, доктор ветеринарных наук  
scherbakov\_pavel@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

**Арина Олеговна Дерkho<sup>1</sup>**

студент  
arina\_avrora@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457100, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

ABOUT THE AUTHORS

**Pavel Valerievich Burkov<sup>1</sup>**

Head of the Research Center for Animal Reproduction Biotechnology, Candidate of Veterinary Sciences  
burcovpavel@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

**Maksim Borisovich Rebezov<sup>2, 3</sup>**

— Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor<sup>2</sup>  
— Professor of the Department of Biotechnology and Food Products, Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences<sup>3</sup>  
rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

**Marina Arkadyevna Derkho<sup>1</sup>**

Head of Department of Natural Sciences Disciplines, Doctor of Biological Sciences  
derkho2010@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

**Pavel Nikolaevich Shcherbakov<sup>1</sup>**

Professor of the Department of Infectious Diseases and Veterinary and Sanitary Expertise, Doctor of Veterinary Sciences  
scherbakov\_pavel@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

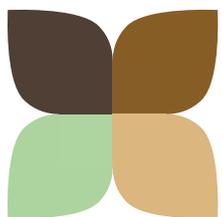
**Arina Olegovna Derkho<sup>1</sup>**

Student  
arina\_avrora@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

<sup>1</sup> South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin Str., Troitsk, 457100, Russia

<sup>2</sup> V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia



# ПроПротеин

Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | [info@proprotein.org](mailto:info@proprotein.org) | [www.proprotein.org](http://www.proprotein.org)

**Форум и выставка по производству и использованию новых пищевых протеинов: растительные заменители мяса, культивируемое мясо, насекомые как еда.**

**Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 26 сентября 2024 в отеле Лесная Сафмар в Москве**

**Возможности для рекламы:**

Выбор одного из спонсорских пакетов Форума позволит Вам заявить о своей компании, продукции и услугах, и стать лидером быстрорастущего рынка.

