



Аспекты биологической безопасности производства кормов для свиней (обзор)

© 2025. О. А. Бурова , Е. А. Широкова, Т. В. Овсюхно, Т. Н. Демидова, И. В. Яшин, А. А. Блохин

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Обеспечение продовольственной безопасности, в частности, производство свинины, в значительной степени определяет необходимость усиления биобезопасности на животноводческих комплексах и контроля путей распространения инфекционных болезней. Корма и ингредиенты первоначально не считались существенными факторами в распространении инфекций, но недавние вспышки болезней свиней продемонстрировали их роль в заносе и распространении возбудителей. Цель данного обзора – рассмотреть потенциальную роль кормов для свиней как значимое звено в цепи переноса возбудителей и описать меры биобезопасности, способствующие обеспечению эпизоотического благополучия популяций свиней. Описаны потенциальные методы предотвращения заражения свиней патогенами из кормов, включая предотвращение попадания в кормовую систему, смягчение последствий путем термической обработки или обеззараживания химическими реагентами. Предложены стратегии, позволяющие снизить риск распространения патогенов в среде производства кормов, включая потенциальный перенос от партии к партии, что позволяет снизить риск передачи инфекции.

Ключевые слова: кормопроизводство, патогены, вирусы, обеззараживание

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-2025-0001).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бурова О. А., Широкова Е. А., Овсюхно Т. В., Демидова Т. Н., Яшин И. В., Блохин А. А. Аспекты биологической безопасности производства кормов для свиней (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2025;26(4):725–736. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.4.725-736>

Поступила: 26.02.2025

Принята к публикации: 01.08.2025

Опубликована онлайн: 29.08.2025

Aspects of biosecurity of pig feed production (review)

© 2025. Olga A. Burova , Ekaterina A. Shirokova, Tatiana V. Ovsyukhno, Tatiana N. Demidova, Ivan V. Yashin, Andrey A. Blokhin

Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Food security, particularly pork production, is largely driven by the need to enhance on-farm biosecurity and control the pathways of infectious diseases. Feed and ingredients were not initially considered significant factors in the spread of infections, but recent outbreaks of swine diseases have demonstrated their role in the introduction and spread of pathogens. The purpose of this review is to consider the potential role of swine feed as a significant link in the pathogen transfer chain and to describe biosecurity measures that contribute to the epizootic welfare of swine populations. Potential methods for preventing pathogen contamination of pigs from feed are described, including prevention of entry into the feed system, mitigation of after-effects by heat treatment, or decontamination with chemicals. Strategies are proposed to reduce the risk of pathogen spread in the feed production environment, including potential batch-to-batch transfer, thereby reducing the risk of infection transmission.

Keywords: feed production, pathogens, viruses, disinfection

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Virology and Microbiology (theme № FGNM-2025-0001).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citations: Burova O. A., Shirokova E. A., Ovsyukhno T. V., Demidova T. N., Yashin I. V., Blokhin A. A. Aspects of biosecurity of pig feed production (review). *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(4):725–736. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.4.725-736>

Received: 26.02.2025

Accepted for publication: 01.08.2025

Published online: 29.08.2025

На уровне животноводческих хозяйств биобезопасности придается большое значение, но только недавно на нее стали обращать внимание в процессе производства кормов. Накоплены факты, свидетельствующие о способности кормов и кормовых ингредиентов сохранять жизнеспособность вирусов и выживаемость бактерий, что указывает на то, что корма и ингредиенты могут быть источниками патогенов.

Возбудителями инфекционных болезней свиней, которые могут содержаться в кормах, являются бактерии, такие как сальмонелла (*Salmonella* spp.), кишечная палочка (*Escherichia coli*), и вирусы, такие как вирус эпидемической диареи свиней (PEDV), вирус африканской чумы свиней (ASFV), вирус болезни долины Сенека (SVA), вирус классической чумы свиней (CSFV), вирус болезни Ауески (PRV) и вирус ящура (FMD). Данные патогены различаются по молекулярной структуре (наличие капсулы, суперкапсида и т. п.), устойчивости в окружающей среде, чувствительности к дезинфектантам и технологическим параметрам кормопроизводства, поэтому контаминация ими кормов может иметь разную степень. Любые загрязнения (например, фекальные) могут привести к попаданию этих патогенов в кормовые ингредиенты, а тип корма и способ загрязнения могут повлиять на их сохранность в корме и вирулентность для свиней. Недавние исследования показали, что такие патогены, как вирус эпидемической диареи свиней и вирус африканской чумы свиней, могут оставаться жизнеспособными в условиях трансграничных перевозок в соевом шроте, лизине и полнорационных кормах, а зараженные корма могут вызывать заболевания животных [1]. В целом, внимание к биобезопасности кормов, уделяемое в последние годы, оправдано, поскольку является ключевым инструментом обеспечения биологической безопасности животноводства, однако необходимы дополнительные исследования для более глубокого понимания риска контаминации кормов патогенами для разработки экономически эффективных подходов к поддержанию биобезопасности кормов как способа защиты здоровья свиней.

Цель работы – оценка потенциальной роли кормов для свиней как источника возбудителей болезней и описание мер биобезопасности, способствующих обеспечению эпизодического благополучия популяций свиней.

Материал и методы. Поиск источников проводили путем скрининга международных баз научного цитирования Web of Science, Scopus, Mendeley и базы Российского индекса научного цитирования. Критериями служили ключевые слова: кормопроизводство (feed production), свиньи (pigs), патогены (pathogens), биобезопасность (biosecurity). После исключения повторяющихся, непроверенных данных и выбора публикаций, полностью соответствующих цели работы, было отобрано 47 источников.

Основная часть. Патогенные бактерии в кормах и кормовых ингредиентах. При контаминации кормов патогенными и условно-патогенными микроорганизмами безопасность их скармливания животным зависит от количества этих микроорганизмов и степени выживаемости в кормовой среде. Наиболее часто из кормов изолируют патогенные микроорганизмы – рода сальмонелла (*Salmonella*) и рода эшерихия (*Escherichia*), из условно-патогенных – стафилококки (*Staphylococcus*), энтеробактерии (*Enterobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Shigella*, *Citrobacter* и др.) и синегнойную палочку (*Pseudomonas aeruginosa*) [2].

Из потенциальных патогенных микроорганизмов, обнаруживаемых в кормах, наиболее изученными являются сальмонеллы (*Salmonella* spp.) [3]. Коммерческие корма имеют большое значение в качестве потенциального средства передачи сальмонелл. Обнаружено, что 3,6 % проб корма и 17,2 % проб фекалий были положительными на *S. enterica* subsp. *enterica* в 36 свинарниках, где содержалось более 6500 свиней. Более половины изолятов сальмонелл были генотипически связаны с аналогичными фенотипами и моделями устойчивости к антимикробным препаратам [4].

Одним из новых серотипов, вызывающих опасения при производстве кормов для свиней, является *S. enterica* серотип 4,5,12:i:-, монофазный вариант *S. typhimurium*. В связи с устойчивостью к множеству лекарственных препаратов и распространенностью на комбикормовых заводах, этот серотип необходимо контролировать в рамках мониторинга биобезопасности кормов. В 2012 году он был шестым по распространенности серотипом, обнаруженным в кормах для животных, и седьмым – при инфекциях человека [5]. Данный серотип стал причиной вспышек сальмонеллеза в США и Китае, а также оказался устойчивым ко многим распространенным антимикробным

препаратам [6, 7]. В ходе другого исследования на 11 комбикормовых заводах в США *S. enterica* серотип 4,5,12:i- был обнаружен в производственной среде двух разных заводов [8]. Результаты исследования наличия энтеробактерий и сальмонелл на 11 комбикормовых заводах показаны на рисунке 1. Наиболее контаминированы были бункер и решетка для ингредиентов, наполняющая пыль в зоне приема ингредиентов и рабочая обувь [8].

Присутствие других патогенных бактерий в кормах для свиней менее распространено.

Например, 17 из 24 образцов корма для свинюток, собранных в центральном Таиланде [9], были положительными на *E. coli*, но только один образец содержал >100 колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл. В другом исследовании [10] 2 из 24 образцов корма для свиней, собранных в США, содержали *E. coli*, причем оба образца были получены из штата Вашингтон. Исследование 11 комбикормовых заводов США, описанное выше, также выявило *E. coli* в одном образце готового корма для свиней [8].

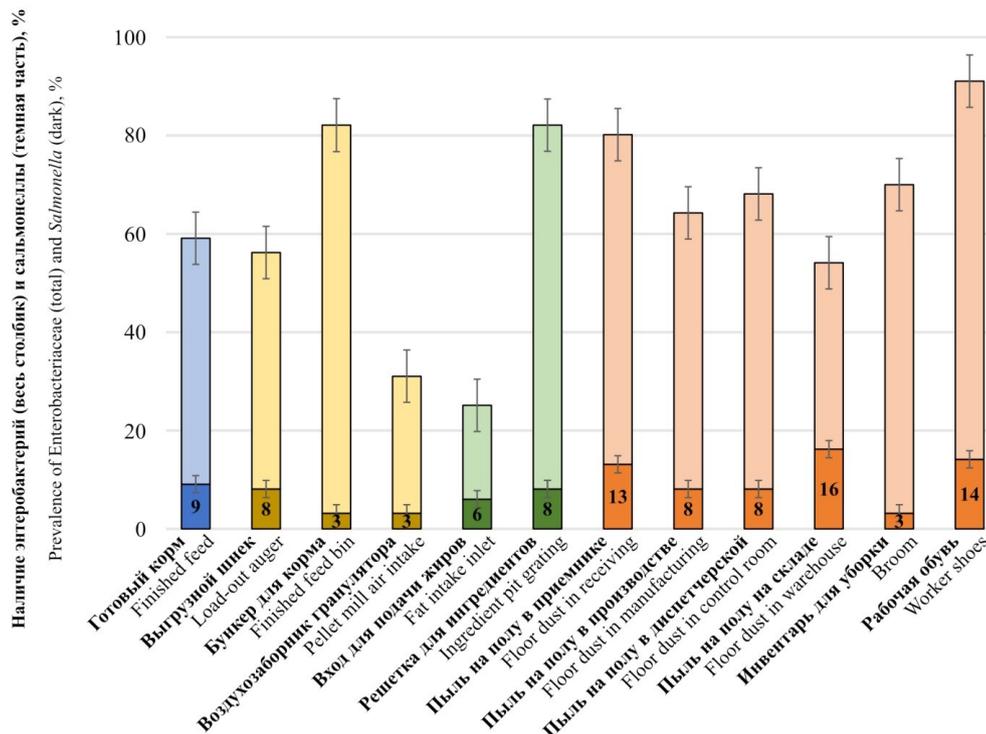


Рис. 1. Наличие энтеробактерий на 11 комбикормовых заводах США [8]. Уровни содержания энтеробактерий (общие столбики) варьируют в зависимости от места исследования, но ассоциируются с присутствием *Salmonella* spp. (темная часть столбиков) /

Fig. 1. The presence of Enterobacteriaceae at 11 feed mills in the United States [8]. Enterobacteriaceae levels (total bars) vary by site but are associated with the presence of *Salmonella* spp. (dark part of bars)

Сальмонелла и кишечная палочка относятся к семейству *Enterobacteriaceae*. Контроль содержания бактерий данного семейства в кормах может служить индикатором соблюдения правил биобезопасности и даже предсказывать будущие вспышки заболеваний [8]. Кроме того, энтеробактерии обычно используются для индикации соблюдения правил гигиены и биобезопасности на предприятиях по производству продуктов питания, продуктов переработки и кормов [11, 12, 13]. Активный мониторинг энтеробактерий следует рассматривать как метод более эффективного их

выявления и контроля степени биобезопасности на технологических этапах производства кормов с наибольшим риском их контаминации патогенами.

Вирусы в кормах и кормовых ингредиентах. Исследования показали, что вирусы, такие как вирус эпидемической диареи свиней, африканской чумы свиней, болезни долины Сенека, классической чумы свиней, болезни Ауески и ящура могут длительное время сохраняться в кормах и кормовых ингредиентах (соевой муке, витамине D, гидрохлориде лизина и хлориде холина), что обеспечивает

им трансграничный потенциал [14, 15]. Устойчивость патогена определяется его молекулярно-генетическими свойствами, а также физико-химическими свойствами кормовых ингредиентов и готовых кормов. Различные кормовые ингредиенты могут не только обеспечивать сохранность вирусов, но и повышать её. Например, обычная соевая мука обеспечивает более высокий уровень сохранности вирусов по сравнению с органической соевой мукой, которая получается из зерна, выращенного без использования пестицидов и перемолотого без отбеливания и химического созревания. Точная причина такой разницы в выживаемости патогенов в разных видах соевой муки неизвестна, но она может быть связана с более высоким содержанием жиров в органическом сорте, поскольку есть доказательства того, что смеси среднецепочечных жирных кислот (СЦЖК) обладают вирулицидным действием [16]. Также была выдвинута гипотеза о том, что ингредиенты с высоким содержанием белка обладают большей способностью сохранять инфекционность вирусов, однако механизм этого пока не изучен. В целом кормовые ингредиенты имеют высокий риск переноса вирусных патогенов [14].

Вирулентность патогенов в кормах для свиней и их ингредиентах. Для того чтобы вызвать инфекцию у здоровых животных, необходима достаточная инфицирующая доза патогена. При этом вирулентность часто зависит от того, насколько интактны вирусные капсиды или липидные мембраны бактерий, поскольку они защищают патоген от разрушения во время хранения и транспортировки. Например, минимальная инфицирующая доза *S. typhimurium* для свиней составляет $>10^3$ КОЕ на 1 г корма [17], *E. coli* – 6×10^3 КОЕ на 1 г корма [18].

В настоящее время весьма актуальны исследования, направленные на определение средней инфицирующей дозы вируса африканской чумы свиней как в кормах, так и в воде [19]. Для определения минимальной или средней инфицирующей дозы для ряда бактерий и вирусов, включая энтеротоксигенную кишечную палочку, SVA, CSFV и PRV, нужны дополнительные исследования, результаты которых станут определяющими при разработке технологий по снижению и контролю содержания патогенов в кормах. Хотя в норме патогены в кормах или ингредиентах обнаруживаться не должны, для поддержания здоровья животных необходимо, по крайней мере, предотвратить

или снизить их возможное присутствие до уровня ниже инфицирующей дозы.

После выявления биологических рисков, необходимо разрабатывать технологии, предотвращающие проникновение патогенов на производство кормов, а также меры по снижению контаминации в случае, если проникновение предотвратить нельзя. Возможны разные варианты биозащиты предприятий по производству кормов, которые могут послужить основой для разработки плана биозащиты конкретного завода [20, 21]. Некоторые из этих рекомендаций приведены ниже.

План биозащиты производства кормов для свиней. Наиболее эффективным компонентом плана биобезопасности комбикормового завода является предотвращение проникновения патогенов. Главный стимул для полного предотвращения проникновения патогенов на предприятие заключается в том, что попадание загрязненного сырья на комбикормовый завод может привести к его загрязнению на длительный период времени [22]. Контроль за проникновением патогенов на предприятие должен начинаться с оценки поставщиков ингредиентов. Разработка программы проверки поставщиков, включающей конкретные требования к закупаемым ингредиентам, а также доведение требований безопасности до сведения поставщика является важным шагом в предотвращении проникновения патогенов. Сюда можно включить проверку протоколов производства ингредиентов и производственных объектов на месте. Как уже упоминалось ранее, некоторые ингредиенты способны поддерживать жизнеспособность и патогенность бактерий и вирусов в большей степени, чем другие. Таким образом, лучший способ предотвратить заражение животных – это исключить из рецептур рациона ингредиенты с высоким риском контаминации патогенами. Скоординированные усилия потребителей, составителей рецептур, закупщиков и поставщиков кормов имеют важное значение для поддержания эффективного плана биобезопасности комбикормового завода и свиноводческой отрасли в целом.

Хотя наличие программы контроля поставщиков является важным шагом в борьбе с проникновением патогенов на предприятие, регулярный отбор проб и анализ ингредиентов, которые считаются высокорисковыми в отношении определенных патогенов, является ценным инструментом. Все отборы проб должны

проводиться асептическим методом, так как необходимо предотвратить перекрестную контаминацию проб в процессе отбора. Если ингредиент относится к категории высокого риска, каждую партию необходимо проанализировать отдельно, если риск ниже, целесообразнее собранные образцы объединить в одну пробу, чтобы снизить затраты на исследования. Определение и составление графика отбора проб ингредиентов, относящихся к категории повышенного риска, а также определение процедуры хранения запасов до получения результатов анализа помогут снизить вероятность попадания патогенов на предприятие. Контроль ингредиентов имеет большое значение, и ведение записей, в которых указывается такая информация, как дата и время приема, номер партии при разгрузке, а также данные о предыдущих перевозках, связанные с конкретными партиями готового корма, позволяет быстро реагировать при подозрении на заражение.

Перемещения людей и транспортных средств на территории предприятия по производству комбикормов или за его пределы также могут привести к заносу патогенов. Люди переносят частицы фекалий, грязи или пыли, контаминированные патогенными микроорганизмами, на подошвах своей обуви или одежде. Риск переноса патогенов особенно высок, если они приходят с другой фермы или комбикормового завода, где уже произошел занос возбудителей болезней свиней.

Контроль и минимизация перемещения персонала в зоне разгрузки кормовых ингредиентов – логичный и недорогой метод снижения риска попадания биологических патогенов в производственный цикл. На комбикормовых заводах с повышенным риском заноса биологических патогенов в планы биобезопасности целесообразно внедрить программы гигиенического зонирования. Требование, чтобы всех посетителей на предприятии постоянно сопровождал обученный сотрудник, может помочь предотвратить нарушения биобезопасности. Посетителям должна выдаваться чистая обувь или чехлы для обуви, чтобы ограничить проникновение внешних загрязнителей. Это касается и водителей прибывающих грузовиков. В идеале водители должны постоянно находиться в своих грузовиках, чтобы свести к минимуму любое передвижение, особенно в зоне приемки и разгрузки.

Грузовики, въезжающие на комбикормовый завод, должны быть очищены от грязи до того, как автомобиль попадет в зону приемки и разгрузки, приемный бункер должен оставаться закрытым до тех пор, пока грузовик не будет готов к разгрузке. Ингредиенты могли быть загрязнены до разгрузки, но они также могут быть загрязнены в процессе разгрузки из-за грязи или мусора с пола, смешивающихся с ингредиентами в точке выгрузки. Контроль за закрытым состоянием приемного бункера во время движения грузовиков снижает риск загрязнения во время разгрузки. Использование конусов и воронкообразных устройств также позволяет ограничить количество материала, просыпающегося во время разгрузки, и предотвратить сметание просыпанных ингредиентов в приемный бункер работниками завода.

Попавшие на пол в процессе разгрузки частицы кормовых ингредиентов считаются отходами и должны утилизироваться вместе с пылью и мусором с пола. На многих предприятиях по производству кормов установлены зерноочистители и оборудование для сбора пыли, хотя доказано, что пыль и другие просеянные частицы могут служить переносчиками патогенов, в том числе вирусов [23] или микотоксинов [24]. Многие производители кормов считают, что добавление пыли или просеянного материала в готовый корм допустимо, поскольку это уменьшит усадку ингредиентов. Однако затраты, связанные со снижением продуктивности животных и/или увеличением смертности, гораздо выше, чем потеря эффективности комбикормового завода, поэтому вся пыль и отсеянные частицы должны всегда утилизироваться, а не добавляться обратно в корм.

Повышение биобезопасности кормов и ингредиентов для свиней. Как только патоген проникает на предприятие, его распространение практически невозможно контролировать, поскольку большинство предприятий по производству кормов изначально не были спроектированы с учетом требований биологической безопасности. Кроме того, стратегии снижения риска контаминации кормов, которые возможны в одних системах, не работают в других из-за различий в конструкции и оборудовании, производственных операциях и других сопутствующих факторах риска на разных комбикормовых заводах. Тип поверхности (бетон, пластик, резина, нержавеющая сталь и т. д.) по-разному влияет на выживаемость патогенов при различных процедурах дезинфекции [25].

Поверхности из нержавеющей стали и гладкого пластика, хотя и легче чистить, чем шины, резиновые ремни или полиэтиленовые контейнеры, но сложнее дезинфицировать из-за образования биопленок, которые защищают бактерии и вирусы от химического воздействия. Поэтому часто необходимо проводить как очистку, так и дезинфекцию, что практически невозможно при существующих ограничениях конструкции оборудования.

Распространение патогенов через перекрестную контаминацию сложно предотвратить из-за высококонтагиозной природы загрязненной пыли и непрактичности механической уборки на большинстве заводов. Об этом говорят результаты исследования [26] роли перекрестной контаминации кормов PEDV на комбикормовых заводах. На экспериментальном оборудовании для производства кормов смешивали и транспортировали кормовую смесь для поросят-отъемышей на основе кукурузной и соевой муки, заведомо отрицательную по PEDV.

Затем подавали кормовую смесь, включающую ингредиент, который был контаминирован инфекционным PEDV, а за ней четыре последующие партии, не содержащие вирус (рис. 2). После каждой партии в асептических условиях отбирали смывы с разных поверхностей – непосредственно контактирующих с кормом (контактные поверхности прямой подачи), находящихся на расстоянии до 1 м (соседние поверхности) и от 1 до 2 м (другие поверхности). По результатам исследований разных поверхностей при подаче нескольких партий корма, существенных различий не наблюдали, однако, количество обнаруживаемого вируса постепенно уменьшалось на поверхностях, непосредственно контактирующих с кормом, как бы «смываясь» чистыми партиями корма. После механической очистки количество ДНК-вируса на всех поверхностях снизилось на 40–60 %, только после дезинфекции стало отрицательным, сохраняясь и после опыта.

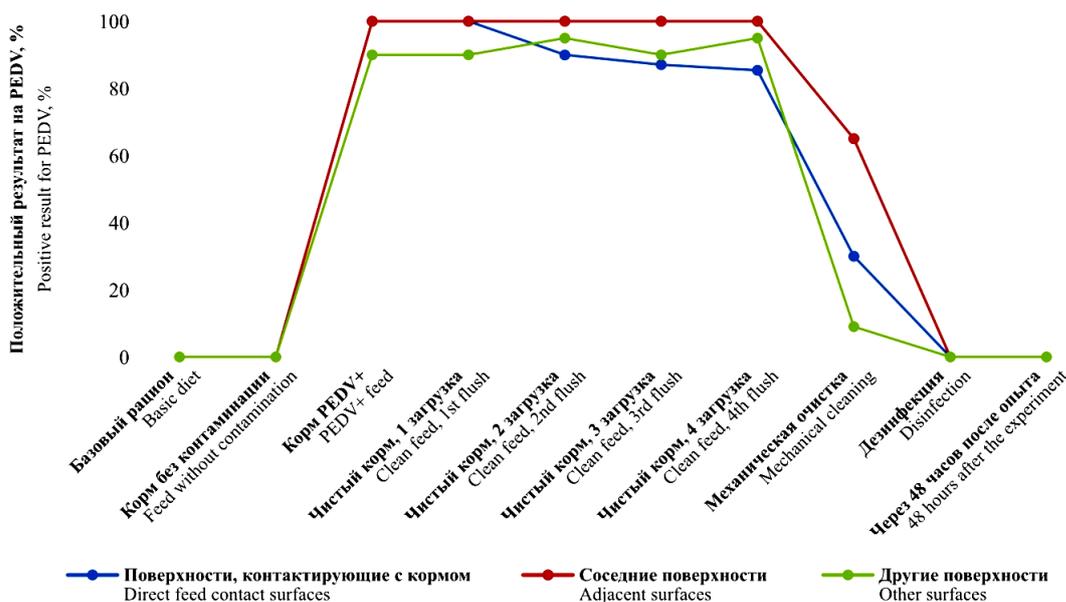


Рис. 2. Роль перекрестной контаминации PEDV на комбикормовых заводах [26] / Fig. 2. The role of PEDV cross-contamination in feed mills [26]

Опытным путем (в биопробе со свиньями) доказано, что пыль, собранная с поверхностей для производства кормов, может вызывать инфекцию у свиней [27]. Поэтому ограничение и контроль образования и скапливания пыли, образующейся в процессе производства, должны быть приоритетными, поскольку это может служить фактором распространения инфекции при передаче вирусных заболеваний, таких как PEDV. Кроме того, необходимо разработать

протоколы промывки ингредиентов, чтобы свести к минимуму риск образования пыли. На модели PEDV было доказано [23], что промывка рисовой шелухи является экономически эффективной стратегией для снижения риска перекрестной контаминации.

Для РНК-вирусов методы снижения риска зависят, в частности, от разрушения вирусного капсида, который удаляет защитную оболочку вокруг вируса [28]. Известны

три основные категории стратегий по снижению воздействия, включающие биологические, физические и химические. Биологическая инактивация обычно происходит с использованием специфических ферментов или других продуктов микробного происхождения, которые атакуют вирусы или бактерии [29], однако исследований, позволяющих определить, подходит ли такая стратегия снижения контаминации кормов для отрасли производства кормов, не хватает. Физическая инактивация при производстве кормов чаще всего достигается путем термической обработки, но ее следует рассматривать как стратегию снижения риска в определенный момент времени, поскольку она не предотвращает риск заражения после обработки. Использование химических агентов, таких как формальдегид или среднецепочечные жирные кислоты в качестве кормовых добавок показало, что они обладают отличным потенциалом для ингибирования вирусов и бактерий в кормах. Преимущество этих химических агентов заключается в том, что они обладают как немедленной, так и остаточной эффективностью, что может помочь в снижении контаминации кормов с момента применения до момента употребления корма. Ниже рассматриваются конкретные исследования, определяющие стратегии снижения контаминации кормов, которые могут быть использованы в процессе производства кормов.

Так как PEDV – это термочувствительный вирус, то зависимость «температура – время» может использоваться для разработки способа инактивации PEDV [30]. Поэтому были проведены два исследования теплового воздействия при прохождении корма через мельницу для производства кормовых гранул [31]. В первом исследовании использовали разные дозы PEDV для загрязнения корма, затем полученный корм обрабатывали одной из девяти комбинаций с разной температурой гранулирования (68, 79 или 90 °C) и временем выдерживания в грануляторе (45, 90 или 180 секунд). Все обработанные партии корма не смогли вызвать инфекцию у свиней, хотя необработанный корм приводил к заражению PEDV. В последующем испытании те же исследователи [31] обработали корм в грануляторе, используя время выдерживания 30 секунд и одну из пяти температур (38, 46, 54, 63 или 71 °C), и заметили, что корм, обработанный при температуре 54 °C или выше, смог предотвратить

заражение PEDV, в то время как корм, обработанный при двух низких температурах, привел к заражению. Эта серия испытаний продемонстрировала, что термическое воздействие является возможным средством минимизации риска, связанного с передачей вирусов, и, что более важно, показала, что оборудование, обычно используемое на коммерческих комбикормовых заводах, эффективно для применения термического воздействия. Однако важно помнить, что гранулятор хоть и обеспечивает обеззараживание корма в момент обработки, но это не предотвращает риск повторной контаминации готового корма.

Использование химических кормовых добавок в качестве стратегии снижения биологической опасности кормов привлекательно тем, что они обеспечивают эффективность на всех этапах цепочки производства и поставок кормов, а также способны влиять на продуктивность животных после их употребления. Было протестировано множество различных продуктов в качестве химических средств повышения биобезопасности кормов. Некоторые соединения, показавшие определенную эффективность в снижении или устранении вирусного или бактериального риска, включают органические кислоты [32], эфирные масла [33], бисульфат или хлорат натрия [34]; однако совокупные данные свидетельствуют о том, что эффективность любого химического средства для снижения содержания патогенов в кормах зависит не только от цели, но и от ингредиента корма [35]. Из всех доступных потенциальных кормовых антисептиков наибольший коммерческий интерес представляют формальдегид и СЦЖК.

Было доказано, что формальдегид эффективно предотвращает риск, связанный с загрязнением кормов вирусами [35, 36, 37], а также сальмонеллами [20, 21]. Однако для точного дозирования формальдегида необходимо использовать специализированное оборудование, а также есть риск здоровью работников, негативного отношения некоторых потребителей, что может привести к ограничению коммерческого применения формальдегида. Кроме того, использование формальдегида в кормах может привести к дисбиозу в кишечнике свиней и снижению их продуктивности [38].

Использование СЦЖК в качестве химических средств для снижения содержания патогенов в кормах было эффективно против

PEDV [35] и сальмонеллы [20, 21]. В серии опытов доказано, что комбинации капроновой, каприловой и каприновой кислот являются наиболее эффективными, а лауриновая кислота малоэффективна против PEDV. Интересно, что увеличение концентрации смеси капроновой, каприловой и каприновой кислот в соотношении 1:1:1 также привело к линейному увеличению показателей роста, а добавление 1,5 % от массы корма привело к приросту до 2 кг массы тела по сравнению с рационом без СЦЖК при кормлении свиней в течение 35 дней [39]. Более того, корм, проверенный через 40 дней после применения СЦЖК, все еще успешно снижал риск заражения PEDV, что демонстрирует остаточный потенциал СЦЖК для снижения контаминации кормов.

Решение проблемы биологического загрязнения комбикормовых заводов. Из-за большого количества взвешенных частиц в воздухе на предприятиях по производству кормов для животных загрязнение пылью является основным механизмом контаминации кормов и оборудования возбудителями инфекционных болезней. Это усугубляется сложностями, связанными с физической очисткой [25]. Для полной деконтаминации производственных поверхностей необходимо использование жидких химических дезинфицирующих средств и термообработки [40]. Это помогает удалять биопленку, что позволяет дезинфицирующему средству проникнуть к поверхности и удалить патогены. Оба этапа необходимы, но могут оказаться сложными во многих системах производства кормов из-за отсутствия доступа или возможности тщательно очистить или безопасно продезинфицировать системы производства сухих сыпучих продуктов. Не следует упускать из виду и очистку поверхностей, не соприкасающихся с кормами и ингредиентами, поскольку биологические агенты могут эффективно распространяться по предприятию через пыль и другие частицы, находящиеся в воздухе. Эти загрязнения не устраняются в процессе промывки и могут привести к загрязнению последующих партий корма [26].

Поскольку полная физическая очистка систем производства кормов может оказаться затруднительной, для снижения уровня патогенов на контактирующих с кормом поверхностях можно использовать процедуры промывки с добавлением таких веществ, как формальдегид, СЦЖК и сухие смеси эфирных масел.

Данные свидетельствуют о том, что риск биологической опасности может быть снижен после третьей промывки или после использования химической дезинфекции [23, 25, 26]. Доказано, что продукты на основе формальдегида и смесь СЦЖК снижают присутствие PEDV на разных поверхностях при использовании рисовой шелухи в сочетании с промывкой. Аналогичным образом было установлено, что смеси СЦЖК эффективно снижают количество *S. enterica serovar typhimurium* на поверхностях из нержавеющей стали, а также уменьшают количество загрязнений *S. enterica serovar typhimurium* после обработки, если содержание их в корме для свиней было в количестве не менее 2 % до его контаминации бактериями [20].

Перспективные направления развития биобезопасности кормопроизводства. Очевидно, что необходимы дополнительные исследования, чтобы лучше понять как риск, так и меры предупреждения контаминации патогенами кормов для свиней. Исследования по сохранности и снижению содержания патогенов в кормах, нивелированию последствий их попадания в кормовые ингредиенты и стратегиям обеззараживания должны быть продолжены в будущем. Необходимы дополнительные исследования для оценки роли полезных бактерий в конкурентном исключении патогенов в условиях производства кормов, как это предложено для борьбы с листериями на птицефабриках [41] или с сальмонеллой и другими патогенными бактериями на мясоперерабатывающих предприятиях [42, 43, 44]. Кроме того, в будущем важно понять, как обеспечить выполнение требований биологической безопасности при модернизации и новом строительстве комбикормовых заводов.

Одним из факторов, ограничивающих возможность более быстрого прогресса в области безопасности кормопроизводства, является то, что лишь немногие методы молекулярной диагностики были должным образом валидированы для кормов. Снижение и потеря диагностической чувствительности к вирусной РНК, по-видимому, не связана с дозой, поскольку при внесении в корм разного количества PEDV обнаруживали схожую картину [45]. Позже это было подтверждено в других работах, где сообщается о последовательном снижении выявляемости PEDV, PRRSV, ASFV и SVA при инокуляции корма разными дозами [14,

31, 46]. Потеря диагностической чувствительности, по-видимому, варьирует от одного корма или ингредиента к другому [15, 21]. Такое снижение чувствительности представляет собой проблему для ветеринарных диагностических лабораторий и имеет существенные последствия: оно приводит к ложноотрицательным результатам и, как следствие, признанию контаминированного патогенами корма биологически безопасным [47].

В настоящее время существующие методы пробоподготовки, экстракции и обнаружения нуклеиновых кислот в кормах слишком разнообразны и не унифицированы, поэтому они имеют высокий риск ложноотрицательного результата, что сводит на нет ценность теста. Необходимы исследования для проверки методов молекулярного обнаружения патогенов в кормах, которые затем могут быть использованы для создания соответствующего метода отбора проб и диагностических устройств для точечного использования.

В заключении мы предлагаем рекомендации по обеспечению максимальной биобезопасности производства кормов для свиней.

1. Корма являются источниками возбудителей особо опасных болезней животных, в том числе вирусных болезней свиней. При этом с одной стороны, технология их производства является фактором риска их контаминации микроорганизмами, а с другой – позволяет эффективно их обезвреживать.

2. Способы обеспечения биобезопасности, применяемые на конкретном предприятии, могут отличаться от процедур, применяемых на других предприятиях, в части допустимого риска контаминации и цены применяемых стратегий снижения данного риска.

3. Разработка технологических протоколов предотвращения проникновения патогенов на завод предусматривает выявление и устранение ингредиентов высокого риска контаминации кормов и сохранения в них возбудителей болезней, минимизацию перемещений людей и оборудования, закрытие всех открытых точек входа, когда они не используются.

4. Применение стратегий снижения риска контаминации кормов не предотвращает на 100 % занос патогенов на комбикормовые заводы, поэтому необходимо использовать стратегии снижения данного риска. Наилучшим вариантом является определение стратегий, которые эффективны в отношении конкретных опасных факторов, и использование комбинации мероприятий по снижению риска, а также средств, обладающих остаточной эффективностью, для обеспечения защиты на протяжении всего технологического цикла производства и поставки кормов. Например, сбор и удаление пыли не только создают более безопасные и благоприятные условия для работников, но и устраняют основные очаги контаминации.

5. Обеззараживание комбикормового завода должно сочетать физическую очистку, химическую дезинфекцию и применение высокой температуры при производстве кормов.

References

1. Stewart S. C., Dritz S. S., Woodworth J. C., Paulk C., Jones C. K. A review of strategies to impact swine feed biosecurity. *Animal Health Research Reviews*. 2020;21(1):61–68. DOI: <https://doi.org/10.1017/S146625231900015X>
2. Гранкина А. С., Голякевич З. С. Бактериальная обсемененность кормов животного и растительного происхождения, используемых в животноводстве. *Биотика*. 2015;(6(7)):133–141. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26591290> EDN: WJXIHf
3. Grankina A. S., Golyakevich Z. S. Bacterial contamination of animal and plant feed used in animal husbandry. *Biotika*. 2015;(6(7)):133–141. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26591290>
4. Österberg J., Vågsholm I., Boqvist S., Sternberg Lewerin S. Feed-borne outbreak of *Salmonella* Cubana in Swedish pig farms: risk factors and factors affecting the restriction period in infected farms. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2006;47(1):13–21. DOI: <https://doi.org/10.1186/1751-0147-47-13>
5. Molla B., Serman A., Mathews J., Artuso-Ponte V., Abley M., Farmer W. et al. *Salmonella enterica* in commercial swine feed and subsequent isolation of phenotypically and genotypically related strains from fecal samples. *Applied Environmental Microbiology*. 2010;76(21):7188–7193. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01169-10>
6. Li X., Bethune L. A., Jia Y., Lovell R. A., Proescholdt T. A., Benz S. A. et al. Surveillance of *Salmonella* prevalence in animal feeds and characterization of the *Salmonella* isolates by serotyping and antimicrobial susceptibility. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2012;9(8):692–698. DOI: <https://doi.org/10.1089/fpd.2011.1083>
7. Yang X., Wu Q., Zhang J., Huang J., Guo W., Cai S. Prevalence and Characterization of Monophasic *Salmonella* Serovar 1,4,[5],12:i:- of Food Origin in China. *PLoS One*. 2015;10(9):e0137967. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137967>
8. Moreno Switt A. I., Soyer Y., Warnick L. D., Wiedmann M. Emergence, distribution, and molecular and phenotypic characteristics of *Salmonella enterica* serotype 4,5,12:i:-. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2009;6(4):407–415. DOI: <https://doi.org/10.1089/fpd.2008.0213>

8. Magossi G., Cernicchiaro N., Dritz S., Houser T., Woodworth J., Jones C., Trinetta V. Evaluation of Salmonella presence in selected United States feed mills. *MicrobiologyOpen*. 2019;8(5):e00711. DOI: <https://doi.org/10.1002/mbo3.711>
9. Tulayakul P., Boonsoongnern A., Kasemsuwan S., Ratanavanichrojn N., Netvichian R., Khaodiar S. Heavy metal, Escherichia coli and Salmonella spp. in feeds, reused water, wastewater, and manure from swine farms: a case report. *Natural Science*. 2012;46:882–893. URL: https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/KPS_VET/search_detail/download_digital_file/51388/167846
10. Doane C. A., Pangloli P., Richard H. A., Mount J. R., Golden D. A., Draughon F. A. Occurrence of Escherichia coli O157:H7 in diverse farm environments. *Journal of Food Protection*. 2007;70(1):6–10. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-70.1.6>
11. Van Schothorst M., Oosterom J. Enterobacteriaceae as indicators of good manufacturing practices in rendering plants. *Antonie van Leeuwenhoek*. 1984;50:1–6.
12. Jones F. T., Richardson K. E. Salmonella in commercially manufactured feeds. *Poultry Science*. 2004;83(3):384–391. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/83.3.384>
13. Mladenović K. G., Grujović M. Ž., Kiš M., Furmeg S., Jaki Tkalec V., Stefanović O. D., Kocić-Tanackov S. D. Enterobacteriaceae in food safety with an emphasis on raw milk and meat. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2021;105(1):8615–8627. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11655-7>
14. Dee S., Bauermann R., Niederwerder M. E., Singrey A., Clement T., DeLima M. et al. Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models. *PLoS One*. 2018;13(3):e0194509. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194509>
15. Dee S. A., Neill C. R., Singrey A., Clement T., Cochrane R. A., Jones C. K. et al. Modeling the transboundary risk of feed ingredients contaminated with porcine epidemic diarrhea virus. *BMC Veterinary Research*. 2016;12(1):51. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0674-z>
16. Stewart S. C., Dritz S. S., Woodworth J. C., Paulk C., Jones C. K. A review of strategies to impact swine feed biosecurity. *Animal Health Research Reviews*. 2020;21(1):61–68. DOI: <https://doi.org/10.1017/S146625231900015X>
17. Loynachan A. T., Harris D. L. Dose determination for acute Salmonella infection in pigs. *Applied Environmental Microbiology*. 2005;71(5):2753–2755. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.71.5.2753-2755.2005>
18. Cornick N. A., Helgerson A. F. Transmission and infectious dose of Escherichia coli O157:H7 in swine. *Applied and Environmental Microbiology*. 2004;70(9):5331–5335. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.70.9.5331-5335.2004>
19. Niederwerder M. C., Stoian A. M. M., Rowland R. R. R., Dritz S. S., Petrovan V., Constance L. A. et al. Infectious Dose of African Swine Fever Virus When Consumed Naturally in Liquid or Feed. *Emerging Infectious Diseases*. 2019;25(5):891–897. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2505.181495>
20. Cochrane R. A., Huss A. R., Aldrich G. C., Stark C. R., Jones C. K. Evaluating chemical mitigation of Salmonella Typhimurium ATCC 14028 in animal feed ingredients. *Journal of Food Protection*. 2016;79(4):672–676. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-320>
21. Cochrane R. A., Dritz S. S., Woodworth J. C., Stark C. R., Huss A. R., Cano J. P. et al. Feed mill biosecurity plans: a systematic approach to prevent biological pathogens in swine feed. *Journal of Swine Health and Production*. 2016;24(3):154–164. DOI: <https://doi.org/10.54846/jshap/952>
22. European Food Safety Authority (EFSA). Microbiological risk assessment in feedingstuffs for food-producing animals – Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards. *EFSA Journal*. 2008;6(7):720. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.720>
23. Gebhardt J. T., Woodworth J. C., Jones C. K., Gauger P. C., Tokach M. D., DeRouchey J. M. et al. Evaluation of the effects of flushing feed manufacturing equipment with chemically- treated rice hulls on porcine epidemic diarrhea virus cross contamination during feed manufacturing. *Journal of Animal Science*. 2018;96(10):4149–4158. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/sky295>
24. Yoder A. D., Stark C. R., DeRouchey J. M., Tokach M. D., Paulk C. B., Gebhardt J. et al. Effect of cleaning corn on mycotoxin concentration and nursery pig growth performance. *Translational Animal Science*. 2021;5(3):txab134. DOI: <https://doi.org/10.1093/tas/txab134>
25. Muckey M. B., Huss A. R., Yoder A., Jones C. Research Note: Evaluating the roles of surface sanitation and feed sequencing on mitigating Salmonella Enteritidis contamination on animal food manufacturing equipment. *Poultry Science*. 2020;99(8):3841–3845. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.04.016>
26. Schumacher L. L., Cochrane R. A., Huss A. R., Stark C. R., Woodworth J. C., Bai J. F. et al. Characterizing the rapid spread of porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) through an animal food manufacturing facility. *PLoS One*. 2017;12(11):e0187309. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187309>
27. Gebhardt J. T., Woodworth J. C., Tokach M. D., DeRouchey J. M., Goodband R. D., Jones C. K., Dritz S. S. 285 Medium chain fatty acid mitigation activity against porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) in nursery pig diets after 40 d of storage. *Journal of Animal Science*. 2018;96(S2):153. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/sky073.282>

28. Cliver D. O. Capsid and infectivity in virus detection. *Food and Environmental Virology*. 2009;1(3-4):123–128. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12560-009-9020-y>
29. Deng M. Y., Cliver D. O. Antiviral effects of bacteria isolated from manure. *Microbial Ecology*. 1995;30(1):43–54. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00184512>
30. Tun H. M., Cai Z., Khafipour E. Monitoring Survivability and Infectivity of Porcine Epidemic Diarrhea Virus (PEDV) in the Infected On-Farm Earthen Manure Storages (EMS). *Front Microbiol*. 2016;7:265. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00265>
31. Cochrane R. A., Schumacher L. L., Dritz S. S., Woodworth J. C., Huss A. R., Stark C. R. et al. Effect of pelleting on survival of Porcine Epidemic Diarrhea Virus (PEDV)-contaminated feed. *Journal of Animal Science*. 2017;95(3):1170–1178. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2016.0961>
32. Eklund T. Inhibition of microbial growth at different pH levels by benzoic and propionic acids and esters of p-hydroxybenzoic acid. *International Journal of Food Microbiology*. 1985;2(3):159–167. DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(85\)90035-2](https://doi.org/10.1016/0168-1605(85)90035-2)
33. Orhan I. E., Özçelik B., Kartal M., Kan Y. Antimicrobial and antiviral effect of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components. *Turkish Journal of Biology*. 2012;36(3):239–246. DOI: <https://doi.org/10.3906/biy-0912-30>
34. Smith D. J., Oliver C. E., Taylor J. B., Anderson R. C. Efficacy, metabolism, and toxic responses to chlorate salts in food and laboratory animals. *Journal of Animal Science*. 2012;90(11):4098–4117. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4997>
35. Cochrane R. A., Amachawadi R. G., Remfry S., Lerner A. B., Gebhardt J. T., Nagaraha T. G. et al. 105 Young Scholar Presentation: A review of medium chain fatty acids and their recent role in feed safety. *Journal of Animal Science*. 2018;96(S2):55. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/sky073.103>
36. Dee S., Neil C., Clement T., Christopher-Hennings J., Nelson E. An evaluation of a liquid antimicrobial (Sal CURB®) for reducing the risk of porcine epidemic diarrhea virus infection of naïve pigs during consumption of contaminated feed. *BMC Veterinary Research*. 2014;10:220. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0220-9>
37. Dee S., Neill C., Clement T., Singrey A., Christopher-Hennings J., Nelson E. An evaluation of porcine epidemic diarrhea virus survival in individual feed ingredients in the presence or absence of a liquid antimicrobial. *Porcine Health Management*. 2015;1:9. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40813-015-0003-0>
38. Williams H. E., Cochrane R. A., Woodworth J. C., DeRouche J. M., Dritz S. S., Tokach M. D. et al. Effects of dietary supplementation of formaldehyde and crystalline amino acids on gut microbial composition of nursery pigs. *Nature Scientific Reports*. 2018;8(1):8164. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26540-z>
39. Thomson K. A., Gebhardt J. T., Lerner A. B., Woodworth J. C., Tokach M. D., DeRouche J. M. et al. 471 Evaluation of medium chain fatty acids as a dietary additive in nursery pig diets. *Journal of Animal Science*. 2018;96(S2):252–253. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/sky073.468>
40. Huss A. R., Schumacher L. L., Cochrane R. A., Poulsen E., Bai J., Woodworth J. C. et al. Elimination of porcine epidemic diarrhea virus in an animal feed manufacturing facility. *PLoS One*. 2017;12(1):e0169612. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169612>
41. Zhao T., Podtburg T. C., Zhao P., Chen D., Baker D. A., Cords B., Doyle M. P. Reduction by competitive bacteria of *Listeria monocytogenes* in biofilms and *Listeria* bacteria in floor drains in a ready-to-eat poultry processing plant. *Journal of Food Protection*. 2013;76(4):601–607. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-323>
42. Amezcua A., Brashears M. M. Competitive inhibition of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meat products by lactic acid bacteria. *Journal of Food Protection*. 2002;65(2):316–325. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-65.2.316>
43. Muthukumarasamy P., Holley R. A. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in dry fermented sausages containing micro-encapsulated probiotic lactic acid bacteria. *Food Microbiology*. 2007;24(1):82–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.03.004>
44. Ruiz-Moyano S., Martin A., Benito M. J., Casquete R., Serradilla M. J., de Guia Cordoba M. Safety and functional aspects of pre-selected lactobacilli for probiotic use in Iberian dry-fermented sausages. *Meat Science*. 2009;83(3):460–467. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.027>
45. Schumacher L. L., Woodworth J. C., Jones C. K., Chen Q., Zhang J., Gauger P. C. et al. Evaluation of the minimum infectious dose of porcine epidemic diarrhea virus in a feed matrix. *American Journal of Veterinary Research*. 2016;77(10):1108–1113. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.77.10.1108>
46. Sardella C. A., Petrovan V., Davis S. K., Stewart S. S., Niederwerder M. C., Woodworth J. C. et al. Validation of environmental swabbing to detect Senecavirus A in feed. *Journal of Animal Science*. 2019;97(S2):245–246. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skz122.433>
47. Schumacher L. L., Cochrane R. A., Huss A. R., Gebhardt J. T., Woodworth J. C., Stark C. R. et al. Feed batch sequencing to decrease the risk of porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) cross-contamination during feed manufacturing. *Journal of Animal Science*. 2018;96(11):4562–4570. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/sky320>

Сведения об авторах

✉ **Бурова Ольга Александровна**, заместитель руководителя группы лаборатории эпизоотологии и биоинформатики, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: burovaolga@list.ru

Широкова Екатерина Алексеевна, заместитель руководителя группы лаборатории эпизоотологии и биоинформатики, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6252-5158>

Овсяно Татьяна Владимировна, кандидат вет. наук, заместитель руководителя группы лаборатории эпизоотологии и биоинформатики, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7544-0105>

Демидова Татьяна Николаевна, кандидат вет. наук, заместитель руководителя группы лаборатории эпизоотологии и биоинформатики, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4866-0636>

Яшин Иван Вячеславович, кандидат биол. наук, директор филиала, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7359-2041>

Блохин Андрей Александрович, кандидат вет. наук, заведующий лабораторией эпизоотологии и биоинформатики, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

Information about the authors

✉ **Olga A. Burova**, Deputy Head of the group, the Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: burovaolga@list.ru

Ekaterina A. Shirokova, Deputy Head of the group, the Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6252-5158>

Tatiana V. Ovsyukhno, PhD in Veterinary Science, Deputy Head of the group, the Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7544-0105>

Tatiana N. Demidova, PhD in Veterinary Science, Deputy Head of the group, the Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4866-0636>

Ivan V. Yashin, PhD in Biological Science, Director of the Branch, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7359-2041>

Andrey A. Blokhin, PhD in Veterinary Science, Head of the Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

✉ – Для контактов / Corresponding author