



Ветеринария Veterinary science

DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-300-309

EDN NYGJOP

УДК 619:616.2:579.843.96:636.4

Обзорная статья / Review article

Современные подходы к профилактике актинобациллезной плевропневмонии свиней

Н.В. Пименов , **А.А. Шашкова**  , **А.А. Круглов**

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии
им. К.И. Скрябина, г. Москва, Российская Федерация
 aa.shashkova17@gmail.com

Аннотация. Сведения об актуальной ситуации с актинобациллезной плевропневмонией (АПП) на территории Российской Федерации довольно ограничены, что затрудняет оценку эффективности текущих профилактических мер и разработку новых стратегий. Большую роль играет разнообразие и эффективность вакцин. Основная цель исследования — научный обзор современных подходов к профилактике АПП свиней и будущих перспектив в создании вакцины, обеспечивающей комплексную защиту от всех известных серотипов данного возбудителя. Использованы методы систематизации, критического анализа, проблемного обзора. Начиная с 1980-х гг. были разработаны различные вакцины для борьбы с этим заболеванием. Инактивированные бактериальные вакцины обеспечивают сильный иммунный ответ, но их эффективность может варьироваться. Основанные на белках внешней оболочки и трех анатоксинах Арх субъединичные вакцины способны обеспечивать защиту независимо от серотипа АПП. ДНК-вакцины показывают многообещающие результаты, но требуют дальнейших исследований. Живые аттенуированные вакцины содержат ослабленные микроорганизмы и стимулируют сильный иммунитет, но их применение также имеет свои сложности. Но не существует надежной и выгодной в коммерческом плане вакцины, которая бы защищала от всех известных серотипов *A. pleuropneumoniae* и предотвращала носительство и передачу заболевания. Проблема специфической профилактики АПП требует комплексного подхода, включающего дальнейшие научные исследования, разработку новых технологий и инновационных методов вакцинации. Ученые все

© Пименов Н.В., Шашкова А.А., Круглов А.А., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

больше акцентируют внимание на исследованиях в области создания оральных и назальных вакцин. Одно из важных преимуществ — экономичность и безопасность при производстве, а также удобство и безопасность при использовании вакцины. Оральные и назальные вакцины способны значительно упростить процесс иммунизации, особенно в условиях массовой вакцинации. Исследования вакцин на основе внешних мембранных везикул и трансгенных растений показывают многообещающие результаты.

Ключевые слова: свиноводство, вакцинопрофилактика, АПП, вакцинация, назальные вакцины, вакцины на растительной основе, инфекционные болезни свиней

Вклад авторов: идея и постановка исследования — Н.В. Пименов; проведение исследования и сбор данных — А.А. Шашкова, А.А. Круглов; анализ и результатов и написание текста статьи — А.А. Шашкова; редактирование и научное руководство — Н.В. Пименов. Все авторы ознакомились с финальной версией статьи и одобрили ее.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 14 февраля 2025 г., принята к публикации 17 марта 2025 г.

Для цитирования: Пименов Н.В., Шашкова А.А., Круглов А.А. Современные подходы к профилактике актинобациллезной плевропневмонии свиней // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 300–309. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-300-309 EDN: NYGJOP

Modern approaches to the prevention of actinobacillus pleuropneumonia in pigs

Nikolay V. Pimenov , Alexandra A. Shashkova  , Alexander A. Kruglov

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation
 aa.shashkova17@gmail.com

Abstract. Information about the current situation with actinobacillus pleuropneumonia (APP) in the Russian Federation is quite limited, which makes it difficult to assess the effectiveness of current preventive measures and develop new strategies. The diversity and effectiveness of vaccines play an important role. The main aim of the study is a scientific review of modern approaches to the APP prevention in pigs and prospects for the development of a vaccine that provides comprehensive protection against all known serotypes of this pathogen. The methods of systematization, critical analysis, and problem review are used. Over the years, various vaccines have been developed to combat this disease. Inactivated bacterial vaccines provide a strong immune response, but their effectiveness may vary. Based on the outer membrane proteins and three Apx toxoids, subunit vaccines are able to provide protection regardless of the APP serotype. DNA vaccines show promising results but require further research. Live attenuated vaccines contain weakened microorganisms and stimulate strong immunity, but their use also has its own difficulties. Despite all the successes achieved, at the moment there is no reliable and commercially profitable vaccine that would protect against all known serotypes of *A. pleuropneumoniae* and prevent the carriage and transmission of the disease. The problem of specific prevention of APP requires an integrated approach, including further scientific research, the development of new technologies and innovative methods of vaccination. Scientists increasingly focus on research in the field of oral and nasal vaccines. One of the important advantages is cost-effectiveness and safety during production, as well as convenience and safety

of vaccine application. Oral and nasal vaccines can significantly simplify the immunization process, especially in the context of mass vaccination. Studies of vaccines based on external membrane vesicles and transgenic plants show promising results.

Keywords: pig breeding, vaccine prevention, APP, vaccination, nasal vaccines, plant-based vaccines, infectious diseases of pigs

Author contributions: Pimenov N.V. — idea and design of the study, editing and scientific supervision; Shashkova A.A., Kruglov A.A. — study implementation and data collection; Shashkova A.A. — analysis of results and writing of the article. All authors have read the final version of the article and approved it.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: received 14 February 2025; accepted 17 March 2025.

For citation: Pimenov NV, Shashkova AA, Kruglov AA. Modern approaches to the prevention of actinobacillus pleuropneumonia in pigs. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):300–309. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-300-309 EDN: NYGJOP

Введение

Актинобациллезная плевропневмония (АПП) свиней — это высококонтагиозное заболевание, вызванное возбудителем *Actinobacillus pleuropneumoniae* семейства Pasteurellaceae, поражающее как домашних, так и диких свиней [1]. Болезнь может проявляться в различных формах, от острой до хронической, с типичными симптомами, такими как лихорадка, апатия и анорексия [2]. Заболевание представляет проблему во всем мире, в т. ч. и на территории России, и относится к наиболее распространенным респираторным инфекциям в свиноводстве [3]. В РФ прослеживается устойчивая тенденция к увеличению числа хозяйств, пораженных актинобациллезной плевропневмонией. Объяснить это можно импортом племенных животных из Западной Европы и Канады и отсутствием *A. pleuropneumoniae* в перечне инфекций, от которых, согласно ветеринарным требованиям, должны быть свободны ввозимые на территорию РФ живые свиньи [4]. По данным за 2011 г. в России инфекция выявлена в 82 % обследованных хозяйствах [5]. Осложняется ситуация тем, что эффективных методов борьбы против этого заболевания не существует, и во многом это связано с отсутствием перекрестного иммунитета. Согласно данным за 2018 г., лечение антибиотиками остается самым эффективным способом снижения смертности и заболеваемости во время вспышек [6]. Однако частое использование неправильно подобранной антибиотикотерапии при *A. pleuropneumoniae* усугубило ситуацию и привело к возникновению антибиотикорезистентных форм микроорганизмов [5]. Таким образом, одной из главных задач современного свиноводства по всему миру стала разработка коммерчески доступной вакцины с максимально широким спектром действия против АПП.

Цель исследования — предоставить научный обзор о современных подходах к профилактике актинобациллезной плевропневмонии свиней.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено с помощью методов систематизации, критического анализа и проблемного обзора.

Инактивированные
и субъединичные вакцины

Инактивированные бактериальные вакцины являются наиболее широко используемыми коммерческими вакцинами, но имеют лишь частичную эффективность из-за низкой перекрестной защиты. Также они снижают смертность, но не предотвращают заболевание. Субъединичные вакцины, основанные на токсинах АрхI, АрхII, АрхIII и АрхIV, а также на белках внешней мембраны, показали высокую защитную эффективность в экспериментах на мышах и свиньях. Вакцины, включающие рекомбинантные протоксины (гАрхIA, гАрхIIA и гАрхIIIA), показали отличные результаты в защите и характеризуются низкими побочными эффектами, также способствуют снижению бактериальной нагрузки на легкие и уменьшению тяжести поражений.

Представленная в таблице информация позволяет провести сравнительный анализ доступных вакцин с учетом их иммунобиологических характеристик.

Современные коммерческие вакцины против *A. Pleuropneumoniae*

Наименование, производитель	Классификация, статус, представленный состав	Антигенный состав	
		Серотип	Анатоксины
ВЕРРЕС-ПГА ВЕТБИОХИМ, ООО Россия	Инактивированная, поливалентная, ассоциированная (<i>H. parasuis</i> , <i>P. multocida</i>)	2, 5	—
Вакцина против актинобациллезной плевропневмонии свиней ВНИИЗЖ ФГБУ, Россия	Инактивированная, поливалентная	1, 6, 2, 3	Арх I, Арх II, Арх III, OMP
КОГЛАПИКС CEVA-PHYLAXIA Veterinary Biologicals Company, Венгрия	Инактивированная, поливалентная	Все	Арх I, Арх II, Арх III, OMP
Аптовак (Aptovac) Biowet Pulawy Sp. Z.o.o, Польша	Инактивированная, поливалентная, ассоциированная (<i>P. multocida</i>)	2, 6	—
Порцилис APP INTERVET INTERNATIO NAL, B.V., Нидерланды	Инактивированная, поливалентная, субъединичная	Все	Арх I, Арх II, Арх III, OMP
NEUMOSUIN Laboratorios Hipra, Испания	Инактивированная, поливалентная	2, 4, 5	—
РЕС-ВАК Вакцина против респираторных болезней свиней поливалентная инактивированная АО КОМИФАРМ, Республика Корея	Инактивированная, поливалентная, ассоциированная (<i>B. bronchiseptica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>H. parasuis</i> , <i>M. hyopneumoniae</i>)	2, 5	—

Окончание табл.

Наименование, производитель	Классификация, статус, представленный состав	Антигенный состав	
		Серотип	Анатоксины
Донобан-10 KBNP, Inc., Республика Корея	Инактивированная, поливалентная, ассоциированная (<i>B. bronchiseptica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>M. hyopneumoniae</i> , <i>S. suis</i> , <i>H. parasuis</i>)	2, 5	OMP
Serkel Pleuro AP Dechra, Англия	Инактивированная, поливалентная	1, 2, 3, 4, 5	—
Suvaxyn Respifed APP Zoetis Inc. США	Инактивированная, поливалентная	1, 5, 7	—

Источник: составлено Н.В. Пименовым, А.А. Шашковой, А.А. Кругловым по [5, 6] и материалам: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр охраны здоровья животных»: официальный сайт. Режим доступа: <https://www.arriah.ru> (дата обращения: 15.12.2024); Сева Россия: официальный сайт. Режим доступа: <https://www.ceva-russia.ru> (дата обращения: 15.12.2024); НПК Фарминдустрия: официальный сайт. Режим доступа: <https://pharmindustria.com> (дата обращения: 16.12.2024); Справочник лекарственных препаратов Видаль. Режим доступа: <https://www.vidal.ru> (дата обращения: 15.12.2024); Dechra: официальный сайт. Режим доступа: <https://www.dechra.com.br/buscar> (дата обращения: 17.12.2024); Zoetis: официальный сайт. Режим доступа: <https://www2.ar.zoetis.com/> (дата обращения: 17.12.2024).

Modern commercial vaccines against *A. Pleuropneumoniae*

Name, producer	Classification, status, composition	Antigenic composition	
		Serotype	Anatoxins
VERRES-PGA VETBIOKHIM, LLC Russia	Inactivated, polyvalent, associated (<i>H. parasuis</i> , <i>P. multocida</i>)	2, 5	—
Vaccine against actinobacillus pleuropneumonia in pigs FGBI «ARRIAH» Russia	Inactivated, polyvalent	1, 6, 2, 3	Apx I, Apx II, Apx III, OMP
KOGLAPIX CEVA-PHYLAXIA Veterinary Biologicals Company Hungary	Inactivated, polyvalent	All	Apx I, Apx II, Apx III, OMP
Aptovac Biowet Pulawy Sp. Z.o.o Poland	Inactivated, polyvalent, associated (<i>P. multocida</i>)	2, 6	—
Porcilis APP INTERVET INTERNATIONAL, B.V. Netherlands	Inactivated, polyvalent, subunit	All	Apx I, Apx II, Apx III, OMP
NEUMOSUIN Laboratorios Hipra Spain	Inactivated, polyvalent	2, 4, 5	—
RES-VAC Polyvalent inactivated vaccine against respiratory diseases in pigs JSC KOMIFARM Republic of Korea	Inactivated, polyvalent, associated (<i>B. bronchiseptica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>H. parasuis</i> , <i>M. hyopneumoniae</i>)	2, 5	—

Ending tabl.

Name, producer	Classification, status, composition	Antigenic composition	
		Serotype	Anatoxins
Donoban-10 KBNP, Inc. Republic of Korea	Inactivated, polyvalent, associated (<i>B. bronchiseptica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>M. hyopneumoniae</i> , <i>S. suis</i> , <i>H. parasuis</i>)	2, 5	OMP
Serkel Pleuro AP Dechra England	Inactivated, polyvalent	1, 2, 3, 4, 5	—
Suvaxyn Respifed APP Zoetis Inc. USA	Inactivated, polyvalent	1, 5, 7	—

Source: compiled by N.V. Pimenov, A.A. Kruglov based on [5, 6] and materials from: Federal State-Financed Institution "Federal Centre for Animal Health" (FGBI "ARRIAH"): official website. URL: <https://www.arriah.ru> (accessed: 12.15.2024); Seva Russia: official website. URL: <https://www.ceva-russia.ru> (accessed: 12.15.2024); NPK Pharmaindustria: official website. URL: <https://pharmindustria.com> (accessed: 12.16.2024); Vidal Drug Directory. URL: <https://www.vidal.ru> (accessed: 12.15.2024); Dechra: official website. URL: <https://www.dechra.com.br/buscar> (date of access: 12.17.2024); Zoetis: official website. URL: <https://www2.ar.zoetis.com/> (date of access: 12.17.2024).

Живые аттенуированные вакцины

Специфичность сероваров *A. pleuropneumoniae* определяется капсульными полисахаридами, данная особенность нашла свое применение в области вакцинологии. Капсула — основной компонент, который защищает бактерию. Искусственные условия способствовали созданию некапсулированных мутантов *A. pleuropneumoniae* для изучения их потенциала с целью разработки вакцин [6]. Однако использование живых аттенуированных вакцин имеет существенный недостаток: у иммунизированных животных вырабатываются антитела против вакцинного штамма, что не позволяет отличить их от инфицированных особей с помощью серологических тестов. Наиболее предпочтительными кандидатами для живых аттенуированных вакцин являются аттенуированные перекрестно-защитные мутанты, которые фенотипически отличаются друг от друга и не содержат вставленных маркеров. Такие мутанты могут обеспечить более эффективную защиту и позволить точно дифференцировать вакцинированных животных от инфицированных. Двойные мутанты, лишённые генов *архIIC* и *архIVA*, продемонстрировали высокую иммуногенность и возможность серологической дифференциации между вакцинированными и инфицированными животными [7].

ДНК-вакцины

ДНК-вакцины имеют ряд преимуществ перед другими по причине безопасности при применении, термостабильности, простоты производства и низкой стоимости (небольшого количества плазмидной ДНК достаточно для повышения сильного гуморального и клеточного иммунитета). Все эти факторы делают использование и производство ДНК-вакцин более привлекательными в условиях массового применения и ограниченных ресурсов [6]. В 2009 г. было проведено

исследование под руководством Chung-Hao Chiang и Wei-Fang Huang, результаты которого показали, что наиболее эффективной защитой является вакцина, содержащая гены *АрхIA* и *АрхIIA*. Эта вакцина обеспечивала защиту против серотипа 1. Тем не менее, несмотря на сильный иммунный ответ, вакцина, кодирующая белок *ArpA*, обеспечила ограниченную защиту против серотипа 2 [8]. Таким образом, эффективность ДНК-вакцин может значительно варьироваться в зависимости от конкретного серотипа возбудителя.

Перспективы и новые подходы в создании вакцин

Растения являются привлекательной платформой для систем производства экологически чистых вакцин, а также рассматриваются в качестве средств доставки рекомбинантных вакцин. В разработке оральных вакцин применяются антигены, основанные на токсинах *Арх I–IV*, которые продемонстрировали высокую эффективность в экспериментах на мышах и свиньях, что подтверждается выявлением специфических антител в сыворотке крови [6]. В 2022 г. при исследовании *Saccharomyces cerevisiae boulardii* оказалось, что кормление свиноматок и их поросят данными дрожжами улучшало рост и вес поросят, а также снижало воспалительный ответ в легких после вакцинации против *A. pleuropneumoniae*. Это указывает на возможное влияние на иммунную систему через ось кишечник — легкие [9].

Назальные вакцины, направленные на лимфоидную ткань носоглотки, вызывают эффективный мукозальный и системный иммунный ответ, обеспечивая защиту от инфекции. Свою способность вызывать иммунную реакцию продемонстрировал трансгенный каллус риса, который экспрессирует фрагмент *Арх IIA*, вызывая секрецию *IgA* у мышей [10]. Из чего следует, что данная технология может использоваться для производства вакцин, представляя собой экономически выгодную альтернативу традиционным методам. Трансгенные растения позволяют экспрессировать антигены патогенов, сохраняя их иммуногенные свойства, что делает возможным создание вакцин, которые могут стимулировать иммунный ответ. Из преимуществ одним из главных факторов служит экономичность и безопасность, так как производство вакцин в растениях обходится дешевле и считается более безопасным, сравнительно с традиционными методами. Возможность выращивания растений в больших объемах позволяет производить достаточное количество антигенов для вакцинации [11, 12].

Одно из перспективных направлений в создании вакцины — использование внешних мембранных везикул благодаря их антигенному сходству с внешней мембраной бактерий. Был показан потенциал в качестве адъюванта, усиливающего иммунный ответ на вакцины, хотя их защитная эффективность требует дополнительных исследований. Включение внешних мембранных везикул в вакцинные формулы значительно увеличивает титр специфических *IgG*, однако не всегда приводит к эффективной защите, так как эти белки не смогли обеспечить защиту вакцинированных животных при заражении патогеном, относящимся к серовару 2 [7, 13].

Результаты исследования и обсуждение

Полученные данные свидетельствуют о том, что различные типы вакцин против АПП имеют свои преимущества и недостатки.

Так, например, инактивированные вакцины широко используются, безопасны при применении. Но существенный их недостаток — низкая эффективность, связанная с низкой перекрестной защитой.

К достоинствам субъединичных вакцин относятся высокая защитная эффективность, низкие побочные эффекты и снижение бактериальной нагрузки на легкие, но также такие вакцины могут требовать дополнительных компонентов для усиления иммунного ответа.

ДНК-вакцины предоставили возможность создания вакцин с высокой степенью специфичности и потенциал для индукции как клеточного, так и гуморального иммунного ответа. Необходимы дальнейшие исследования для подтверждения эффективности данных вакцин. Идентификация серотипов с помощью мультиплексной ПЦР и других методов диагностики, таких как культуральный метод и обнаружение гена *Арх IV*, важна для выбора подходящей вакцины и понимания эпидемиологии заболевания [14].

В последние годы ученые все больше акцентируют внимание на исследованиях и разработке оральных и назальных вакцин, видя в них значительный потенциал. Одни из ключевых преимуществ этих вакцин — их экономичность и безопасность в процессе производства. Кроме того, удобство и безопасность при использовании таких вакцин делают их привлекательными для массового использования. Также исследования показали, что вакцины на основе мембранных везикул могут индуцировать сильный иммунный ответ, что делает их тоже перспективными кандидатами для борьбы с различными инфекциями [6].

Анализируя данные (см. табл.), мы имеем довольно четкое представление о серотипах, имеющих наибольшее значение в странах-производителях вакцин. Согласно данным за 2014 г. на территории Российской Федерации циркулируют серотипы 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 и 10, с преобладанием серотипов 2 и 5 [15]. Наибольшую угрозу представляет серотип 5, имеющий высокую вирулентность и довольно широкое распространение не только на территории РФ, но и среди представленных в таблице стран. Данный серотип продуцирует токсины *Арх I* и *Арх III*, первый из которых считается наиболее мощным, так как оказывает цитотоксическое и гемолитическое действие. Несколько иначе проявляет себя серотип 2, имеющий среднюю вирулентность, но такое же широкое распространение. Токсин *Арх III*, продуцируемый данным серотипом, обладает цитотоксическим действием [16]. Также важно отметить, что помимо *Actinobacillus pleuropneumoniae*, вызывающих АПП, свиноводство сталкивается с возбудителями таких болезней, как пастереллез, бордетеллез, энзоотическая пневмония, стрептококковая инфекция и гемофильный полисерозит. Эти заболевания могут значительно осложнять ситуацию, усиливая негативное воздействие на здоровье поголовья и увеличивая экономические потери.

Заключение

Несмотря на значительные достижения в разработке вакцин против *A. pleuropneumoniae*, до сих пор не существует вакцины, обеспечивающей полную защиту против всех серотипов. Инновационные подходы показывают перспективы для улучшения защиты и снижения побочных эффектов. Однако для создания более эффективных и безопасных препаратов необходимы дальнейшие исследования и разработки. Одним из главных вызовов остается обеспечение кросс-защиты от различных серотипов бактерии. Это требует глубокого понимания антигенных различий между серотипами и разработки вакцин, способных индуцировать широкий иммунный ответ. Комплексный подход, включающий научные исследования, обзоры, разработку новых технологий и инновационные методы вакцинации, являются ключом к решению этой задачи.

Список литературы / References

1. Lebedev IG, Pimenov NV, Lomskov MA. Domestikatsiya zhivotnykh — biologicheskaya transformatsiya i ee nozologicheskie posledstviya domestikatsiya zhivotnykh [Animal domestication — biological transformation and its nosological consequences: The monograph.] Moscow: K.I. Scriabin Moscow State Pedagogical University. 2020; 256. (In Russ.).
Лебедев И.Г., Пименов Н.В., Ломсков М.А. Доместикация животных — биологическая трансформация и ее нозологические последствия : монография. М. : ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА имени К.И. Скрябина, 2020. С. 256.
2. Sassu E, Bossé J, Tobias T, Gottschalk M, Langford P, Hennig-Pauka I. In vivo testing of novel vaccine prototypes against *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Research*. 2018;49(1):4. doi:10.1186/s13567-017-0502-x EDN: WMJBVH
3. Kruglov AA, Royenko AD, Pimenov NV. Comparative assessment of the accumulation of microorganisms of *Actinobacillus pleuropneumoniae* on nutrient media of domestic and imported production for the production of vaccines against actinobacillus pleuropneumonia in pigs. *The Veterinarian*. 2024;(6):70–74. (In Russ.). doi: 10.33632/1998-698X_2024_6_70 EDN: HMCCOJ
Круглов А.А., Роевко А.Д., Пименов Н.В. Сравнительная оценка накопления биомассы *Actinobacillus pleuropneumoniae* на питательных средах отечественного и импортного производства для изготовления вакцины против актинобациллезной плевропневмонии свиней // Ветеринарный врач. 2024. № 6. С. 70–74. doi: 10.33632/1998-698X_2024_6_70 EDN: HMCCOJ
4. Yevgrafova VA, Pruntova OV, Shadrova NB, Timina AM. Properties of *Actinobacillus pleuropneumoniae* isolates. *Veterinary Science Today*. 2023;12(2):178–184. (In Russ.). doi: 10.29326/2304-196X-2023-12-2-178-184 EDN: PFRAUI
Евграфова В.А., Прунтова О.В., Шадрова Н.Б., Тимина А.М. Свойства изолятов *Actinobacillus pleuropneumoniae* // Ветеринария сегодня. 2023. Т. 12. № 2. С. 178–184. doi: 10.29326/2304-196X-2023-12-2-178-184 EDN: PFRAUI
5. Pruglo VV. Vaksinoprofilaktika aktinobatsilleznoi plevropnevmonii svinei [Vaccinoprophylaxis of actinobacillus pleuropneumonia in pigs]. *Pigbreeding*. 2011;(1):63. (In Russ.).
Пругло В.В. Вакцинопрофилактика актинобациллезной плевропневмонии свиней // Журнал Свиноводство. 2011. № 1. С. 63.
6. Loera-Muro A, Angulo C. New trends in innovative vaccine development against *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Microbiology*. 2018;217:66–75. doi: 10.1016/j.vetmic.2018.02.028
7. Jinlin L, Xia C, Liwen L, Chen T, Yan C, Yi G, Meilin J, Aizhen G, Weicheng B, Huanchun C. Potential use an *Actinobacillus pleuropneumoniae* double mutant strain DeltaapxIICDeltaapxIVA as live vaccine that allows serological differentiation between vaccinated and infected animals. *Vaccine*. 2007;25(44):7696–7705. doi: 10.1016/j.vaccine.2007.07.053
8. Chiang CH, Huang WF, Huang LP, Lin SF, Yang WJ. Immunogenicity and protective efficacy of ApxIA and ApxIIA DNA vaccine against *Actinobacillus pleuropneumoniae* lethal challenge in murine model. *Vaccine*. 2009;27(34):4565–4570. doi: 10.1016/j.vaccine.2009.05.058

9. Bravo de Laguna F, Cabrera C, Belén González A, de Pascual C, José Pallarés F, Chevaux E, Castex M, Saornil D, Lebreton P, Ramis G. Effect of Feeding *Saccharomyces cerevisiae* boulardii CNCM I-1079 to Sows and Piglets on Piglets' Immune Response after Vaccination against *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Animals (Basel)*. 2022;12(19):2513. doi: 10.3390/ani12192513 EDN: HDZRVK
10. Kim MY, Kim TG, Yang MS. Production and immunogenicity of *Actinobacillus pleuropneumoniae* ApxIIA protein in transgenic rice callus. *Protein Expression and Purification*. 2017;132:116–123. doi:10.1016/j.pep.2016.05.010
11. Tiwari S, Verma PC, Singh PK, Tuli R. Plants as bioreactors for the production of vaccine antigens. *Biotechnology Advances*. 2009;27(4):449–467. doi: 10.1016/j.biotechadv.2009.03.006 EDN: LFZBUW
12. Guan ZJ, Guo B, Huo YL, Guan ZP, Dai JK, Wei YH. Recent advances and safety issues of transgenic plant-derived vaccines. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2013;97(7):2817–2840. doi: 10.1007/s00253-012-4566-2 EDN: RJPBED
13. Antenucci F, Fougeroux C, Deeney AS, Ørskov C, Rycroft A, Holst PJ, Bojesen AM. In vivo testing of novel vaccine prototypes against *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Research*. 2018;49(1):4. doi:10.1186/s13567-017-0502-x EDN: WMJBVH
14. Cuccato M, Divari S, Ciaramita S, Sereno A, Campelli D, Biolatti P, Biolatti B, Meliotta F, Bollo E, Cannizzo F. *Actinobacillus pleuropneumoniae* Serotypes by Multiplex PCR Identification and Evaluation of Lung Lesions in Pigs from Piedmont (Italy) Farms. *Animals (Basel)*. 2024;14(15):2255. doi: 10.3390/ani14152255 EDN: QFYNPR
15. Potekhin AV, Rusaleev VS. Monitoring of antibiotic resistance of *Actinobacillus pleuropneumoniae* isolated in the Russian Federation in 2012–2014. *Veterinary Science Today*. 2016;(1):24–29. (In Russ.).
- Потехин А.В., Русалеев В.С. Мониторинг антибиотикорезистентности изолятов *Actinobacillus pleuropneumoniae*, выделенных в Российской Федерации в 2012–2014 гг. // Ветеринария сегодня. 2016. № 1. С. 24–29.
16. Bossé JT, Janson H., Sheehan BJ, Beddek AJ, Rycroft AN, Kroll JS, Langford PR. *Actinobacillus pleuropneumoniae*: pathobiology and pathogenesis of infection. *Microbes and Infection*. 2002;4(2):225–235. doi: 10.1016/s1286-4579(01)01534-9

Об авторах:

Пименов Николай Васильевич — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой иммунологии и биотехнологии, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (МВА имени К.И. Скрябина), Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: pimenov-nikolai@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1658-1949 SPIN-код: 1911–3815

Шашикова Александра Артемовна — студент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (МВА имени К.И. Скрябина), Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: aa.shashkova17@gmail.com

ORCID: 0009-0002-9434-675X

Круглов Александр Александрович — аспирант кафедры иммунологии и биотехнологии, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (МВА имени К.И. Скрябина), Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: kruglovaa@biocombinat.ru

About the authors:

Pimenov Nikolay Vasilievich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Immunology and Biotechnology, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, 23 Akademika Skryabina St., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: pimenov-nikolai@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1658-1949 SPIN-code: 1911–3815

Shashkova Alexandra Artemovna — student, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, 23 Akademika Skryabina St., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: aa.shashkova17@gmail.com

ORCID: 0009-0002-9434-675X

Kruglov Alexander Alexandrovich — PhD student of the Department of Immunology and Biotechnology, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, 23 Akademika Skryabina St., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: kruglovaa@biocombinat.ru