Обзорная статья

УДК 619:615.371:636.5

Векторные и инактивированные вакцины для птицеводства: механизмы действия адъювантов, практическое применение и сравнительный анализ (мини-обзор)

Дмитрий Викторович Шешенин
ООО «Сева Санте Анималь»

Аннотация: *В промышленном птицеводстве выбор вакцины оказывает прямое влияние на эпизоотическую стабильность, уровень продуктивности и экономические показатели. Адъюванты являются ключевым компонентом инактивированных вакцин, определяющим силу, продолжительность и качество иммунного ответа. В обзоре рассмотрены основные типы адъювантов, применяемых для инактивированных ветеринарных вакцин для птиц, их иммунологические механизмы и особенности практического использования. Особое внимание уделено современным адъювантным системам, способным усиливать презентацию антигена через главный комплекс гистосовместимости класса I и формировать клеточный иммунитет. Проведен их сравнительный анализ с векторными вакцинами, обладающими принципиально иным механизмом активации иммунной системы. Показано, что традиционные адъювантные системы имеют фундаментальные ограничения в контроле репликации вирусов, что определяет возрастающую роль векторных вакцин в современных программах вакцинопрофилактики.*

Ключевые слова: *птицеводство, адъюванты, инактивированные вакцины, масляные эмульсии, иммунный ответ, главные комплексы гистосовместимости МНС I и МНС II, векторные вакцины, болезнь Ньюкасла, грипп птиц.*

Для цитирования: *Шешенин, Д.В. Векторные и инактивированные вакцины для птицеводства: механизмы действия адъювантов, практическое применение и сравнительный анализ (мини-обзор) / Д.В. Шешенин // Птицеводство. – 2026. – №5. – С. 54-56.*
doi: 10.33845/0033-3239-2026-75-5-54-56

Введение. Современное промышленное птицеводство характеризуется высокой плотностью поголовья и значительным риском распространения инфекционных заболеваний. В этих условиях эффективность вакцинопрофилактики определяется не только антигенным составом вакцин, но и свойствами адъювантов, входящих в их состав. Адъюванты усиливают иммунный ответ на антиген, обеспечивают его пролонгированное воздействие и формируют иммунологическую память [1]. Несмотря на развитие биотехнологий, подавляющее большинство инактивированных вакцин для птицы основано на классических адъювантных системах, прежде всего, масляных эмульсиях. Эти системы обеспечивают высокий уровень антител, однако их возможности в формировании клеточного иммунитета ограничены, что имеет критическое значение при вирусных инфекциях, таких как грипп птиц и болезнь Ньюкасла [2].

Иммунологические основы действия адъювантов. Иммунный ответ на вакцинацию формируется через взаимодействие антигена с антиген-презентирующими клетками. В зависимости от пути обработки антигена различают презентацию через молекулы главного комплекса гистосовместимости (ГКГ, MHC – major histocompatibility complex) классов I и II. Экзогенные антигены, поступающие в организм с инактивированными вакцинами, преимущественно обрабатываются в эндосомах и презентируются через MHC II, что приводит к активации CD4+ Т-хелперов и формированию гуморального иммунитета [3]. В противоположность этому, эндогенные антигены, синтезируемые внутри клетки, презентируются через MHC I, что активирует CD8+ цитотоксические лимфоциты, обеспечивающие уничтожение инфицированных клеток и контроль репликации вируса [4]. Таким образом, ключевым ограничением инактивированных вакцин является отсутствие эффективной активации пути MHC I.

Основные типы адъювантов в птицеводстве. В ветеринарной практике используется ограниченный набор адъювантов, что обусловлено требованиями безопасности, технологичности и экономической эффективности. Масляные адъюванты являются наиболее распространенными в птицеводстве. Они формируют депо антигена в месте введения и обеспечивают его постепенное высвобождение, что приводит к длительной стимуляции иммунной системы [5]. Эти адъюванты индуцируют высокий уровень антител, однако их действие преимущественно связано с активацией пути MHC II, что ограничивает их способность контролировать вирусную репликацию [6]. Алюминиевые адъюванты используются как сорбенты антигена и стимулируют преимущественно гуморальный иммунитет. Их применение в птицеводстве ограничено из-за меньшей продолжительности иммунитета и более слабой защиты в условиях высокого инфекционного давления [7].

Современные адъюванты, усиливающие MHC I. Одним из ключевых направлений развития биотехнологии является создание адъювантов, способных индуцировать кросс-презентацию антигена. Кросс-презентация представляет собой процесс, при котором экзогенные антигены могут включаться в путь MHC I и активировать CD8+ Т-клетки [4]. Агонисты толл-подобных рецепторов активируют врожденный иммунитет и стимулируют продукцию интерферонов первого типа, что способствует формированию ответа с участием Т-хелперов типа 1 и

усилению цитотоксического иммунитета [8]. Их преимуществом является способность усиливать как гуморальный, так и клеточный иммунитет. Другой тип адъювантов, сапонины и иммуностимулирующие комплексы, способствуют доставке антигена в цитозоль клетки, что позволяет ему включаться в классический путь MHC I. Это сопровождается выраженной активацией CD8+ Т-клеток и усилением противовирусного иммунитета [9]. Липосомальные системы и системы доставки из наночастиц увеличивают захват антигена дендритными клетками и могут способствовать его кросс-презентации за счет изменения внутриклеточного транспорта [10]. Агонисты пути цГМФ-АМФ-синтазы (cGAS, cyclic GMP-AMP synthase) и стимулятора генов интерферона (STING, stimulator of interferon genes) индуцируют синтез интерферонов первого типа и усиливают активацию антиген-презентирующих клеток, что делает их перспективными адъювантами нового поколения [11]. Несмотря на высокую эффективность в экспериментальных исследованиях, применение данных адъювантов в промышленном птицеводстве ограничено.

Практическое применение адъювантов. В условиях промышленного птицеводства адъюванты должны обеспечивать не только иммунологическую эффективность, но и безопасность, стабильность и экономическую целесообразность. Масляные адъюванты удовлетворяют этим требованиям, что объясняет их доминирующее положение на рынке [12]. Однако их ограниченная способность индуцировать клеточный иммунитет приводит к тому, что при высоком инфекционном давлении требуется использование дополнительных мер, включая живые вакцины или альтернативные платформы [13].

Сравнение инактивированных и векторных вакцин. Векторные вакцины представляют собой принципиально иной подход к формированию иммунитета (табл. 1). Антиген синтезируется непосредственно внутри клетки, что обеспечивает его естественную презентацию через MHC I и MHC II [14]. Это приводит к формированию полноценного гуморального и клеточного иммунитета, включая активацию CD8+ Т-клеток, что критически важно для контроля вирусной репликации [9]. В отличие от инактивированных вакцин, эффективность которых зависит от адъювантной системы, векторные вакцины изначально обеспечивают оптимальный путь антигенной презентации. Это объясняет их более высокую эффективность в снижении вирусной нагрузки и предотвращении распространения инфекции [9].

Таблица 1. Сравнение инактивированных и векторных вакцин

Активация параметра	Инактивированная вакцина	Векторная вакцина
ГКГ II (MHC II)	Да	Да
ГКГ I (MHC I)	Нет	Да
CD8+	Нет	Да
Контроль распространения вируса	слабый	сильный

Инактивированные вакцины против гриппа птиц и болезни Ньюкасла, применяемые в РФ, в подавляющем большинстве основаны на масляных адъювантах типа Монтанид (Montanide). Эти системы эффективно индуцируют гуморальный иммунитет, но не обеспечивают полноценной активации клеточного иммунитета и контроля репликации вируса.

Ограничения и перспективы. Несмотря на развитие новых адъювантных технологий, их внедрение в птицеводство ограничено регуляторными требованиями, стоимостью и необходимостью доказательства безопасности [15]. В ближайшей перспективе возможно появление комбинированных решений, объединяющих преимущества различных платформ, однако на сегодняшний день векторные вакцины остаются наиболее эффективным инструментом для формирования клеточного иммунитета.

Заключение. Адъюванты играют ключевую роль в эффективности инактивированных вакцин, определяя характер иммунного ответа. Масляные адъюванты обеспечивают высокий уровень антител, но не формируют полноценный клеточный иммунитет. Современные адъювантные системы способны частично компенсировать этот недостаток, однако их практическое применение ограничено. Векторные вакцины, обеспечивающие активацию обоих путей антигенной презентации, обладают существенным преимуществом в контроле вирусных инфекций. Таким образом, выбор вакцинной стратегии должен основываться на понимании иммунологических механизмов и задач, стоящих перед производством.

Литература / References

1. Zhao, T. Vaccine adjuvants: mechanisms and platforms / T. Zhao, Y. Cai, Y. Jiang, X. He, Y. Wei, Y. Yu, X. Tian // Signal Transduct. Target. Ther. - 2023. - V. 8. - No 1. - P. 283. doi: 10.1038/s41392-023-01557-7
2. Cox, J.C. Adjuvants - a classification and review of their modes of action / J.C. Cox, A.R. Coulter // Vaccine. - 1997. - V. 15. - No 3. - P. 248-256. doi: 10.1016/s0264-410x(96)00183-1
3. Janeway Jr., C.A. Immunobiology: The Immune System in Health and Disease / C.A. Janeway Jr., P. Travers, M. Walport, M.J. Shlomchik. - 5th ed. - NY: Garland Science, 2001. - 732 pp.
4. Rock, K.L. Cross-presentation: underlying mechanisms and role in immune surveillance / K.L. Rock, L. Shen // Immunol. Rev. - 2005. - V. 207. - P. 166-183. doi: 10.1111/j.0105-2896.2005.00301.x
5. Aucouturier, J. Adjuvants designed for veterinary and human vaccines / J. Aucouturier, L. Dupuis, V. Ganne // Vaccine. - 2001. - V. 19. - No 17-19. - P. 2666-2672. doi: 10.1016/s0264-410x(00)00498-9
6. Swayne, D.E. Avian Influenza / D.E. Swayne. - Ames: Wiley-Blackwell, 2008. - 628 pp.
7. Lindblad, E.B. Aluminium adjuvants—in retrospect and prospect / E.B. Lindblad // Vaccine. - 2004. - V. 22. - No 27-28. - P. 3658-3668. doi: 10.1016/j.vaccine.2004.03.032
8. Coffman, R.L. Vaccine adjuvants: putting innate immunity to work / R.L. Coffman, A. Sher, R.A. Seder // Immunity. - 2010. - V. 33. - No 4. - P. 492-503. doi: 10.1016/j.immuni.2010.10.002
9. Kensil, C.R. Saponins as vaccine adjuvants / C.R. Kensil // Crit. Rev. Ther. Drug Carrier Syst. - 1996. - V. 13. - No 1-2. - P. 1-55.
10. Gregory, A.E. Vaccine delivery using nanoparticles / A.E. Gregory, R. Titball, D. Williamson // Front. Cell. Infect. Microbiol. - 2013. - V. 3. - P. 13. doi: 10.3389/fcimb.2013.00013
11. Corrales, L. Molecular pathways: targeting the stimulator of interferon genes (STING) pathway for cancer immunotherapy / L. Corrales, T.F. Gajewski // Clin. Cancer Res. - 2015. - V. 21. - P. 4774-4779. doi: 10.1158/1078-0432.CCR-15-1362

12. Meeusen, E.N. Current status of veterinary vaccines / E.N. Meeusen, J. Walker, A. Peters, P.-P. Pastoret, G. Jungersen // Clin. Microbiol. Rev. - 2007. - V. 20. - No 3. - P. 489-510. doi: 10.1128/CMR.00005-07
13. Kapczynski, D.R. Immune responses of poultry to Newcastle disease virus / D.R. Kapczynski, C.L. Afonso, P.J. Miller // Dev. Comp. Immunol. - 2006. - V. 30. - No 3. - P. 277-285. doi: 10.1016/j.dci.2013.04.012
14. Reddy, S.K. Protective efficacy of a recombinant herpesvirus of turkeys as an in ovo vaccine against Newcastle and Marek's diseases in specific-pathogen-free chickens / S.K. Reddy, J.M. Sharma, J. Ahmad, D.N. Reddy, J.K. McMillen, S.M. Cook, M.A. Wild, R.D. Schwartz // Vaccine. - 1996. - V. 14. - No 6. - P. 469-77. doi: 10.1016/0264-410x(95)00242-s
15. Di Pasquale, A. Vaccine adjuvants: from 1920 to 2015 and beyond / A. Di Pasquale, S. Preiss, F. Tavares Da Silva, N. Garçon // Vaccines. - 2015. - V. 3. - No 2. - P. 320-343. doi: 10.3390/vaccines3020320.

Сведения об авторе:

Шешенин Д.В.: кандидат сельскохозяйственных наук, ветеринарный врач, специалист по вакцинопрофилактике в птицеводстве.

Статья поступила в редакцию 07.03.2026; одобрена после рецензирования 02.04.2026; принята к публикации 23.04.2026.

Review article

Vectored and Inactivated Vaccines for Poultry: Mechanisms of Action of Adjuvants, Practical Application, and Comparative Analysis (mini review)

Dmitry V. Sheshenin

Seva Santé Animale, Russia

Abstract. *The choice of vaccines in commercial poultry production directly affects the stability of the epizootic situation, productivity in poultry, and profibility of the production. Adjuvants are the key components of inactivated vaccines affecting the strength, duration, and quality of the immune response. The main types of adjuvants for inactivated vaccines for poultry, immunological mechanisms of their action, and specific features of practical application are briefly reviewed. The emphasis is made on modern adjuvant systems capable of the presentation of antigens via major histocompatibility complex I (MHC I) and formation of cell-mediated immunity. The comparison of these vaccines with vectored vaccines with principally different mechanism of activation of the immune system of the host is made. Traditional adjuvant systems are shown to have fundamental restrictions in the control of viral replication and hence vectored vaccines are presently finding the increasing importance for modern programs of the on-farm immunization.*

Keywords: *poultry production, adjuvants, inactivated vaccines, oily emulsions, immune response, major histocompatibility complexes I and II (MHC I and II), vectored vaccines, Newcastle disease, avian influenza.*

For Citation: *Sheshenin D.V. (2026) Vectored and inactivated vaccines for poultry: mechanisms of action of adjuvants, practical application, and comparative analysis (mini review). Ptitsevodstvo,* ***75****(5): 54-56. (in Russ.)*
doi: 10.33845/0033-3239-2026-75-5-54-56

(For references see above)

Author:

Sheshenin D.V.: Cand. of Agric. Sci., Veterinarian, Specialist for Vaccination of Poultry.

Submitted 07.03.2026; revised 02.04.2026; accepted 23.04.2026.

© **Шешенин Д.В., 2026**

ОТРАСЛЕВЫЕ НОВОСТИ

Минсельхоз обновил перечень пород и кроссов птицы для племенного разведения

Минсельхоз России утвердил изменения в перечень видов и пород (типов, кроссов линий) животных, используемых в племенном животноводстве. Соответствующий приказ размещен на официальном интернет-портале правовой информации.

Документом уточняются позиции по индейкам (Meleagris gallopavo) и уткам (Anas platyrhynchos).

В перечень индейки включены, в частности, белая северокавказская, белая широкогрудая, бронзовая северокавказская, московская белая, серебристая северокавказская, узбекская палевая, черная тихорецкая, а также кроссы БИГ-5, БИГ-6, БУТ-8, «Виктория», «Николас селект» (отцовская и материнская линии), ИСК-51, ОЛ-5, МЛ-1, 024, «Хайбрид конвертер ново», ХК-12 и ХК-34.

В перечень уток включены башкирские цветные, индийские бегуны, пекинские, а также кроссы БЦ-12, БЦ-123, БЦ-23, «Агидель-34», «Агидель-345», «Благоварский», ГЛЗО и ГЛО.

Приказ вступает в силу с 1 сентября 2026 года и действует до 1 сентября 2031 года.

Источник: vetandlife.ru