

## МІКРОБІОЛОГІЯ, ЕПІЗООТОЛОГІЯ ТА ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ

УДК 636.5:619:615.371

Сучасні методи діагностики  
та профілактики хвороби ГамбороМарченко В.В. , Колечко А.В. 

Вінницький національний аграрний університет



E-mail: Марченко В.В. volodymyr.marchenko.vet.med@gmail.com;

Колечко А.В. alinakolechko@gmail.com



Марченко В.В., Колечко А.В. Сучасні методи діагностики та профілактики хвороби Гамборо. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2025. № 2. С. 47–58.

Marchenko V., Kolehko A. Modern methods of diagnosis and prevention of gumbo-ro disease. Nauk. visn. vet. med., 2025. № 2. PP. 47–58.

Рукопис отримано: 04.08.2025 р.

Прийнято: 18.08.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

Doi: 10.33245/2310-4902-2025-200-2-47-58

Інфекційна бурсальна хвороба (ІБХ), відома також як хвороба Гамборо, є однією з найсерйозніших вірусних загроз для сучасного птахівництва, зокрема за вирощування бройлерів та яєчних курей. Захворювання характеризується ураженням бурси Фабриціуса у молодняку птиці, що призводить до глибокої імуносупресії, різкого зниження ефективності вакцинацій від інших поширених патогенів, підвищення сприйнятливості до вторинних інфекцій, погіршення зоотехнічних показників та значних економічних втрат у господарствах. У контексті зростаючої вірулентності збудника ІBDV і появи нових антигенних варіантів традиційні підходи до контролю хвороби часто виявляються недостатніми, що потребує застосування сучасних комплексних стратегій.

У статті наведено систематизований огляд актуальних методів діагностики ІБХ. Розглянуто молекулярні технології (RT-PCR, секвенування генів VP1 і VP2), серологічні інструменти (ELISA, мультиплексні тести), а також комбіновані підходи для точного і швидкого виявлення збудника. Підкреслено переваги використання експрес-методів у польових умовах і мультиплексних систем, що дозволяють здійснювати комплексний моніторинг імунного статусу стада. Окремо розглянуто значення гістологічних досліджень як допоміжного інструменту оцінки патоморфологічних змін у бурсі.

У частині профілактики акцент зроблено на інноваційних вакцинальних стратегіях, зокрема на імунотоксичних та рекомбінантних вакцинах, здатних забезпечити захист навіть за умов циркуляції високовірulentних штамів. Також проаналізовано значення біобезпеки, менеджменту та впровадження природних імунотоксичних засобів посилення неспецифічної резистентності птиці.

Огляд підкреслює необхідність інтеграції високоточних діагностичних технологій із гнучкими програмами профілактики, що враховують актуальну епізоотичну ситуацію. Такий комплексний підхід дозволяє мінімізувати поширення вірусу ІBDV, підтримувати стабільний імунний статус поголів'я та сприяти сталому розвитку галузі птахівництва.

**Ключові слова:** інфекційна бурсальна хвороба, вірус ІBDV, VP2, діагностика, вакцинація, біобезпека, імунотоксична вакцина, птахівництво.

**Постановка проблеми та аналіз досліджень.** Світове птахівництво сьогодні забезпечує понад третину загального обсягу виробництва тваринного білка, а чисельність курячого поголів'я перевищує 34 мільярди голів. За таких масштабів біомаси навіть поодинокі спалахи інфекційних захворювань можуть призвести до глобальних економічних наслідків. Одним із найбільш загрозливих захворювань у цій галузі є інфекційна бурсальна хвороба (ІБХ), або хвороба Гамборо, що уражує переважно молодняк курей, зумовлюючи імуносупресію, вторинні інфекції та значні збитки для птахофабрик [31, 32].

Подальший розвиток світової індустрії птахівництва супроводжується підвищенням інтенсивності вирощування, що зумовлює зростання ризику циркуляції та рекомбінації вірусних агентів. Інфекційна бурсальна хвороба розглядається не лише як окремий патологічний процес, а також як ключовий чинник, що формує загальний стан імунної відповіді поголів'я. Вона спричиняє зниження ефективності вакцинації від інших захворювань (наприклад, хвороби Ньюкасла чи інфекційного бронхіту), що підсилює ланцюгову реакцію економічних втрат.

Крім безпосередніх втрат від падежу, ІБХ призводить до зменшення приросту живої маси, погіршення конверсії корму, збільшення використання антибіотиків та інших лікувальних засобів. Це створює додаткове навантаження на собівартість продукції та підвищує ризики формування резистентної мікрофлори. В умовах глобалізованого ринку навіть локальні спалахи можуть негативно позначитися на міжнародній торгівлі птахопродукцією через обмеження експорту.

Сучасні дослідження доводять, що значна варіабельність польових ізолятів вірусу ІБХ, поява високовірулентних та нових варіантних штамів, а також їхня здатність до генетичної реасортації ускладнюють класичні схеми профілактики. Це актуалізує потребу у впровадженні вдосконалених діагностичних технологій і комплексних програм контролю, що враховують як молекулярну еволюцію збудника, так і економічні аспекти виробництва.

Інфекційна бурсальна хвороба (ІБХ) зумовлює значну імуносупресію у курчат і стійкі економічні втрати. Попри наявність широкого спектра вакцин та діагностичних методів, поява vvIBDV (very virulent Infectious Bursal Disease Virus – дуже вірулентного штаму вірусу інфекційної бурсальної хвороби) та nVarIBDV (novel variant Infectious Bursal Disease Virus – нового варіантного штаму вірусу інфекційної бурсальної хвороби), а також

реасортантів, призводить до вакцинального прориву та субклінічних форм із прихованим падінням продуктивності. Аналіз сучасних публікацій 2019–2025 рр. свідчить про перехід від окремих методів до інтегрованих стратегій моніторингу (мультиплексна qRT-PCR, секвенування VP1/VP2, ddPCR, CRISPR-платформи) у поєднанні з імунокомплексними та рекомбінантними вакцинами і жорсткою біобезпекою [4, 2, 9, 18].

На тлі зростання генетичної різноманітності IBDV і неоднорідності рівнів материнських антитіл у стадах, традиційні схеми контролю недостатні без персоналізації та постійного епізоотичного нагляду [27, 24].

Інтегрована стратегія (мультиплексний молекулярно-серологічний моніторинг + імунокомплексні/рекомбінантні вакцини + посилена біобезпека) знижує ризик субклінічного перебігу ІБХ та економічні втрати порівняно з традиційною схемою стандартна вакцинація + вибіркова діагностика.

**Мета дослідження.** Систематизувати сучасні методи діагностики та профілактики ІБХ, поглибити критичний аналіз технологій і запропонувати практичні узагальнення для умов промислового птахівництва України.

**Матеріал і методи дослідження (для оглядової статті).** Джерела: міжнародні бази даних PubMed, Scopus, Web of Science, а також платформи GISAID і Nextstrain; організаційні сайти виробників вакцин та діагностичних наборів. Період пошуку: 2019–вересень 2025. Критерії включення: оригінальні статті, огляди та настанови щодо IBDV (діагностика, вакцинація, біобезпека); польові дослідження комерційних стад. Критерії виключення: дублікати, роботи без повного тексту, локальні повідомлення без рецензування. Підходи до аналізу: порівняльний аналіз чутливості/специфічності методів, часу до результату, DIVA-сумісності, ризиків упереджень, застосовності у польових умовах та вартості володіння.

Збудником ІБХ є дволанцюговий РНК-вірус родини *Birnaviridae*, роду *Avibirnavirus*, який має два сегменти геному: А та В. Сегмент А кодує головний капсидний білок VP2, а також структурні білки VP3 і VP4. Сегмент В визначає синтез VP1 – РНК-залежної РНК-полімерази. Вірус характеризується високою мінливістю, зокрема у ділянці VP2, де розташовані головні антигенні епітопи, відповідальні за формування імунної відповіді [15]. Мутації в цих регіонах обумовлюють формування нових варіантів, здатних обходити захисну дію вакцин, що стало особливо помітним з появою штамів nVarIBDV [15, 32].

Із середини 2010-х років у багатьох країнах спостерігається зростання випадків захворювань, зумовлених високівірulentними штамами (vvIBDV) та їхніми реасортантами [5, 28]. Такі штами циркулюють одночасно з класичними та атенуйованими, формуючи складну епізоотичну ситуацію [5]. Зокрема, нові варіантні штами були виявлені у Китаї, країнах Близького Сходу, Північній Африці та Східній Європі [32, 15].

На відміну від класичних форм IBX, nVarIBDV зазвичай не спричинює виражених клінічних ознак або масової смертності, але призводить до тяжкої імуносупресії, зниження ефективності вакцинації від інших патогенів і збільшення конверсії корму. У таких випадках зниження продуктивності може залишатися непоміченим, але спричинює втрачені втрати, що перевищують прямі збитки від летальних форм [33].

Класичні методи діагностики IBX (клінічна симптоматика, гістологічна оцінка бурси Фабриціуса, виявлення ураження лімфоїдної тканини) залишаються важливими у ветеринарній практиці, однак не дозволяють здійснити ранню диференціацію штамів чи виявлення субклінічного перебігу [25]. Тому сучасні діагностичні протоколи дедалі частіше включають застосування високочутливих молекулярних методів, насамперед зворотної транскрипційної ПЛР (RT-PCR), із подальшим секвенуванням генів VP1 і VP2 [2].

Інноваційним проривом стало застосування мультиплексних qRT-PCR-систем, здатних одночасно ідентифікувати кілька патогенів, зокрема диференціювати високівірulentні форми від класичних і вакцинних штамів у змішаних польових зразках [4]. Розробка CRISPR/Cas12-асоційованих тестів (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats / CRISPR-associated protein 12 – система кластерних регулярно чергованих коротких паліндромних повторів із асоційованим білком Cas12) та digital droplet PCR (цифрової крапельної полімеразної ланцюгової реакції) також відкрила нові можливості для польової діагностики без потреби у складному лабораторному обладнанні [18, 9].

Серологічні методи, зокрема ELISA, є незамінними для оцінки імунного статусу стада. Нещодавно з'явилися швидкі польові тести нового покоління, а також мультиплексні набори, які дозволяють одночасно виявляти антитіла до кількох патогенів, включаючи NDV, IBV та IBDV [12].

На фоні діагностичних досягнень триває активна розробка нових підходів до вакцина-

ції. Поряд із традиційними живими та інактивованими вакцинами зростає значення імуннокомплексних вакцин (Transmune®, Poulvac Bursaplex®), векторних (на основі HVT) та навіть mRNA-кандидатів, що знаходяться на стадії доклінічних випробувань [8, 13].

Сучасні дослідження також засвідчують ефективність поєднання вакцинації з використанням імуномодуляторів, пробіотиків та β-глюканів, які здатні посилити неспецифічну резистентність птиці та знизити тяжкість перебігу [3, 6]. Крім того, машинне навчання та моделі на основі штучного інтелекту вже використовуються для прогнозування перебігу хвороби та виявлення ризику спалахів за ранніми маркерами [11].

Отже, динамічна еволюція збудника IBDV та зростаюча складність епізоотичної ситуації потребують впровадження мультидисциплінарного підходу: високоточної діагностики, адаптивної вакцинопрофілактики, ефективної біобезпеки та менеджменту. З огляду на економічну значущість галузі та епідеміологічні ризики, IBX залишається пріоритетним об'єктом для наукових досліджень і прикладних ветеринарних стратегій.

**Етіологія та еволюція збудника IBDV.** Інфекційна бурсальна хвороба (IBX), або хвороба Гамборо, спричинюється вірусом Infectious Bursal Disease Virus (IBDV), який належить до роду *Avibirnavirus*, родини *Birnaviridae*. Цей вірус є дволанцюговим РНК-вмісним патогеном із двосегментним геномом, який складається із сегментів А і В. Його унікальна будова, мінливість та здатність до рекомбінації визначають високу складність у розробці ефективних засобів контролю та профілактики [15, 33].

Сегмент А кодує чотири вірусні білки: структурні VP2 і VP3, протеазу VP4 та білок VP5, відповідальний за апоптоз інфікованих клітин. VP2 – головний капсидний білок, що містить гіперваріабельну ділянку (HVR), яка формує основні антигенні детермінанти. Саме VP2 визначає серотипову специфічність, імуногенність і нейтралізацію з боку антитіл. Сегмент В кодує VP1 – вірусну РНК-залежну РНК-полімеразу, необхідну для реплікації геному. Мутації у VP1 часто асоціюються з підвищеною вірулентністю та зміною швидкості реплікації вірусу [15, 2].

IBDV проявляє високий рівень генетичної мінливості, яка забезпечується як точковими мутаціями, так і геномною реасортацією між сегментами А та В. Це призводить до виникнення нових генотипів з унікальними фенотиповими властивостями. Основними

еволюційними механізмами є: 1) накопичення мутацій у VP2, що дозволяє вірусу ухилитись від нейтралізуючих антитіл; 2) обмін сегментами геному між штамми; 3) позитивний відбір мутацій, які підвищують виживаність у імунізованих популяціях птиці [5].

Нині описано два серотипи IBDV: серотип 1 є патогенним для курей і включає класичні, варіантні, високовірулентні та реасортантні штами; серотип 2 вважається непатогенним. У межах серотипу 1, за результатами секвенування VP2, виділяють принаймні 8 генотипів (A1–A8), з яких найбільше занепокоєння викликають високовірулентні (vvIBDV, генотип A3) і нові варіантні штами (nVarIBDV, генотип A2d) [4].

Класичний штам F52/70, відкритий у 1962 р. в Європі, став основою для багатьох комерційних вакцин. Проте з 1980-х років з'явилися vvIBDV, що зумовлювали масові спалахи з високою летальністю, незважаючи на наявність вакцинального імунітету. Такі штами характеризуються мутаціями у VP2 (позиції 222, 242, 253, 256, 279, 284, 294 та 330), які пов'язані з підвищеною патогенністю та здатністю долати попередній імунний захист [15, 21].

Новий виток еволюції був зафіксований у 2017–2020 рр. із появою так званих "нових варіантів" (nVarIBDV), які характеризуються відсутністю типових клінічних ознак, але спричиняють імуносупресію, ураження бурси та значне зниження ефективності вакцинації. Ці штами вперше зафіксовані в Китаї (генотип A2d) й поширилися в країни Близького Сходу, Африки, Південної Америки та Європи [15]. nVarIBDV-штами, здебільшого мають спільні позиційні зміни в HVR-білка VP2, що унеможливорює ефективну нейтралізацію антитілами до класичних вакцин [15].

Крім точкових мутацій, суттєву роль відіграє механізм геномної реасортації. Було виявлено десятки ізолятів, де один із сегментів (А або В) походить від класичного або вакцинного штаму, а інший – від високовірулентного або варіантного. Це створює нові фенотипи з непередбачуваними властивостями: від підвищеної вірулентності до зміни імуногенності [2].

Ще один важливий аспект – значення VP5. Хоча цей білок є нефундаментальним для реплікації вірусу, він значною мірою впливає на апоптоз клітин і може бути ключовим чинником у персистенції вірусу в імуноорганах птиці [8].

Патогенез IBX полягає в первинному інфікуванні бурси Фабриціуса – центрального

імунного органа птиці, де відбувається дозрівання В-лімфоцитів. Вірус селективно уражує ці клітини, спричиняючи їх лізис і некроз. Як наслідок – імунна система втрачає здатність реагувати на антигени, що відкриває шлях для вторинних інфекцій. Пошкодження бурси особливо небезпечне у віці 3–6 тижнів, коли формується гуморальний імунітет [33, 3].

Імуносупресивна дія IBDV також посилюється через апоптоз у інших лімфоїдних органах, таких як селезінка та тимус. Крім того, у разі інфекцій високовірулентними штамми фіксується системна реакція з ендотоксикозом, лейкопенією, тромбоцитопенією та гепатоспленомегалією. Багато досліджень також описують зв'язок між IBX та зростанням чутливості до вакцинних штамів *E. coli*, *Mycoplasma gallisepticum*, *Clostridium perfringens*, NDV, що суттєво впливає на загальний санітарний статус птахофабрик [6].

Еволюція IBDV останніми роками продовжується в умовах інтенсивного вакцинального тиску. Саме постійна наявність популяцій із частковим або нестійким імунітетом створює умови для позитивного відбору варіантів вірусу, здатних ефективно реплікуватися, не зумовлюючи явної клінічної симптоматики [33, 3].

Сучасні біоінформатичні аналізи та філогенетичне дерево IBDV показують дедалі більшу диверсифікацію ліній. У 2024 р. було описано понад 60 варіантів VP2 серед ізолятів у Європі та Азії, а також ідентифіковано нові підлінії vvIBDV, стійкі до імунітету, навіть після застосування інактивованих вакцин [5, 7].

Загалом це підкреслює необхідність регулярного моніторингу генотипів збудника на локальному рівні, оновлення вакцинних штамів та впровадження нових платформ, здатних адаптуватися до змін антигенної структури вірусу. Надалі інтеграція секвенування нового покоління (NGS), штучного інтелекту та імунологічного моделювання відкриває перспективи для створення персоналізованих вакцинних стратегій, що відповідатимуть конкретним епізоотичним умовам.

**Сучасні методи діагностики інфекційної бурсальної хвороби.** Діагностика інфекційної бурсальної хвороби (IBX) є критично важливим етапом у забезпеченні епізоотичного контролю та ефективної профілактики захворювання. Розвиток молекулярної біології, біоінформатики та польової діагностики значно розширив спектр інструментів, доступних для ветеринарної практики. У сучасних умовах діагностика IBX включає кілька

рівнів – від традиційних морфологічних до високотехнологічних молекулярно-генетичних методів.

Найбільш інформативними є методи зворотної транскрипційної ПЛР (RT-PCR), які дозволяють виявити навіть малі кількості вірусної РНК у тканинах бурси, селезінки чи крові. qRT-PCR із флуоресцентними зондами TaqMan забезпечує підвищену чутливість і специфічність, дозволяючи кількісно визначити вірусне навантаження [5, 7]. Крім того, мультиплексні qRT-PCR-системи здатні одночасно виявляти кілька штамів або серотипів, що особливо цінно у випадках ко-інфекції [4].

Секвенування генів VP1 і VP2 є незамінним інструментом для генотипування збудника. Аналіз гіперваріабельної ділянки VP2 дозволяє віднести вірус до одного з відомих генотипів (A1–A8), а також визначити наявність мутацій, які можуть призводити до вакцинального прориву [15].

Digital droplet PCR (ddPCR) – технологія нового покоління, яка дозволяє проводити абсолютне кількісне визначення копій вірусної РНК без використання стандартної кривої, характерної для традиційної qPCR. У процесі ddPCR зразок розділяється на тисячі нанореакцій у вигляді крапель, кожна з яких діє як окрема ПЛР-реакція. Це дозволяє досягти надзвичайної точності за визначення низького вірусного навантаження або в ситуаціях, коли ПЛР-інгібітори наявні в зразку. ddPCR також не потребує калібрувальних стандартів, що мінімізує аналітичну похибку за довготривалого моніторингу птиці, зокрема під час оцінки ефективності вакцинації або субклінічних форм інфекції [9].

Системи на основі CRISPR/Cas12 (наприклад, DETECTR) активно впроваджують у ветеринарну вірусологію як альтернативу молекулярним методам із складною апаратурою. CRISPR-технології забезпечують ультрашвидке виявлення РНК-вірусів на основі специфічної дії Cas-ендонуклеаз, які активуються за наявності цільової послідовності РНК. Після активації відбувається нецільове розщеплення флуоресцентного зонда, що генерує сигнал за кілька хвилин. У тест-системах типу DETECTR, розроблених для польового застосування, обробка зразка та ампліфікація відбуваються за ізотермічних умов (37–42 °C), що дозволяє відмовитися від термоциклерів і застосовувати метод безпосередньо на фермах [9]. Вони забезпечують ультрашвидке й точне виявлення вірусу за лічені хвилини, не потребуючи складного лабораторного обладнання.

Біоінформатичні платформи, такі як Nextstrain, GISAID, PhyML та MEGA X, активно використовують для побудови філогенетичних дерев, епідеміологічного картування та виявлення ключових мутацій у білках VP2 і VP1. Аналізи значної кількості секвенованих ізолятів дозволяють прогнозувати антигенну дивергенцію, передбачати ефективність вакцинних штамів та виявляти «вогнища еволюції». Інтеграція штучного інтелекту в аналіз таких даних (наприклад, ML-моделі з урахуванням мутацій у HVR-областях) дозволяє прогнозувати появу нових високовірулентних штамів на ранніх етапах циркуляції [11].

ELISA – найпоширеніший метод визначення рівня антитіл до IBDV. Він дозволяє оцінити як поствакцинальний, так і природний імунітет. Високочутливі тест-набори третього покоління дозволяють розрізняти серотипи та виявляти рівні MDA (материнських антитіл) для прогнозування ефективності вакцинації [12].

Нещодавні досягнення в серології включають DIVA-ELISA (Differentiating Infected from Vaccinated Animals – тест, що дозволяє відрізняти інфікованих тварин від вакцинованих), які дають змогу серологічно розмежувати природне інфікування та вакцинальну відповідь. Зазначений підхід є особливо актуальним за використання рекомбінантних вакцин, оскільки їхній антигенний склад дає можливість реалізувати принцип DIVA-стратегії та проводити ефективний моніторинг циркуляції польових штамів [8].

У практиці дедалі частіше використовують поєднання молекулярних та серологічних методів. Наприклад, позитивний результат RT-PCR за низьких титрів антитіл в ELISA свідчить про активну інфекцію. Натомість високі титри антитіл за відсутності РНК збудника можуть свідчити про ефективну вакцинацію або постінфекційний імунітет.

Отже, сучасна діагностика IBX базується на принципах комплексного підходу, де поєднуються чутливість молекулярних методів із простотою та інформативністю серологічного моніторингу. Розвиток технологій відкриває нові можливості для точного, швидкого і доступного діагностування IBDV, що особливо важливо в умовах постійної еволюції збудника.

**Еволюція стратегій імунопрофілактики IBX.** Упродовж останніх десятиліть ключовим методом захисту від інфекційної бурсальної хвороби залишалася вакцинація. Стандартні підходи, що базуються на засто-

суванні живих атенуйованих або інактивованих вакцин, забезпечували базову імунізацію птиці та дозволили значно зменшити рівень смертності в господарствах. Однак із появою нових варіантів вірусу, підвищеною генетичною варіабельністю збудника та проблемою взаємодії вакцин із материнськими антитілами, стало очевидним, що традиційна схема імунoproфілактики потребує глибокої модернізації. Сучасна стратегія вакцинації від IBDV базується на поєднанні класичних препаратів із новітніми технологіями, які враховують генетичну специфіку патогену, тип господарства та імунний статус птиці.

Імунокомплексні вакцини стали важливим проривом у профілактиці ІБХ. Вони поєднують в собі вірусний антиген IBDV з моноклональними антитілами, створюючи стабільний імунокомплекс. Така форма захищає антиген від дії материнських антитіл (MDA) в організмі курчат і дозволяє відкласти його презентацію імунній системі до періоду, коли MDA знижується. Це забезпечує рівномірну імунізацію стада незалежно від індивідуального рівня MDA у птиці [1].

Польові дослідження в умовах комерційних господарств показали, що імунокомплексні вакцини (зокрема, Transmune®) забезпечують стійкий захист навіть за наявності високого титру MDA. Крім того, було відмічено зниження частоти субклінічних форм ІБХ, зменшення вторинних бактеріальних ускладнень і покращення загальних продуктивних показників [8, 10].

Ще одним перспективним напрямом є розробка субодиничних вакцин. Вони базуються на очищених рекомбінантних білках, зазвичай VP2, який є основним антигеном IBDV. Субодиничні вакцини мають високу безпечність, не спричинюють імуносупресії та не поширюються в організмі птиці, що робить їх привабливими для використання у репродуктивних лініях [13].

Рекомбінантні вакцини створюють методом експресії вірусних білків на базі векторних систем, таких як віруси герпесу індички (HVT).

Останні роки свідчать про зростання інтересу до поєднання вакцин із пробіотиками, поліфенолами,  $\beta$ -глюканами та вітамінними комплексами, які підсилюють неспецифічну імунну відповідь [3, 6].

Дослідження показують, що додавання імуномодуляторів до раціону або води для пиття в період вакцинації:

- Знижує навантаження на імунну систему. Імуномодулятори, такі як  $\beta$ -глюкани або

ехінацея, стимулюють фагоцитоз та інтерлейкін-залежні каскади, полегшуючи перехід від вродженого до адаптивного імунітету без надмірного запалення.

- Зменшує ризик вторинних інфекцій. Пригнічення імунітету під час вакцинації часто стає «вікном можливості» для патогенів. Введення пробіотиків (*Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*) знижує бактеріальне навантаження, сприяє синтезу IgA в кишечнику та стабілізує мікробіоту.

- Покращує титри антитіл. Вітамін E, селен, поліфеноли (наприклад, з виноградних кісточок) підвищують експресію генів, відповідальних за гуморальну відповідь. Це особливо важливо під час вакцинації молодняку або за використання живих ослаблених вакцин.

- Сприяє відновленню після вакцинації. Омега-3 жирні кислоти, екстракти календули чи алое вера знижують окислювальний стрес та стимулюють регенерацію епітелію кишечнику, що критично важливо за ентеротропних інфекцій.

На горизонті – використання платформи mRNA-вакцин, аналогічної до людських протикоронавірусних препаратів. Перевагами є надшвидке виготовлення, точна антигенна відповідність, відсутність ризику реплікації збудника та потенційна безпечність для репродуктивних стад. mRNA-вакцини можуть бути адаптовані до нових варіантів IBDV упродовж тижнів, що критично для швидкого реагування в умовах епізоотичної загрози [13].

Попри те, що нині ці вакцини перебувають переважно на стадії досліджень, перші експерименти на курчатах продемонстрували обнадійливі результати: швидко появу гуморальної імунної відповіді, зниження вірусного навантаження в тканинах бурси, а також меншу потребу у використанні додаткових ад'ювантів. Однією з платформ, яка проходить передклінічні випробування, є ліпідні наночастинки, що інкапсулюють синтетичну mRNA, котра кодує білок VP2. Такі конструкції дозволяють ініціювати експресію антигену безпосередньо в цитоплазмі антигенпрезентуючих клітин, минаючи потребу у векторі або вірусному носії [12].

Крім того, mRNA-платформи можуть бути налаштовані для мультівалентного використання – створення однієї вакцини від кількох захворювань птиці, що суттєво скорочує кількість ін'єкцій і полегшує масову імунізацію. У перспективі mRNA-вакцини можуть бути інтегровані з біосенсорними модулями для автоматизованого моніторингу ефектив-

ності вакцинації в режимі реального часу.

Інша перспективна розробка – наночастинкові вакцини, які дозволяють інкапсулювати VP2 або інші вірусні білки в ліпосомальні, вірусоподібні або полімерні наноструктури. Такий підхід забезпечує не лише фізичний захист антигенів від деградації в шлунково-кишковому тракті або позаклітинному середовищі, а також їх таргетовану доставку до антигенпрезентуючих клітин (АПК), зокрема дендритних клітин та макрофагів. Наночастинки, розміром 50–200 нм, мають оптимальні характеристики для ендцитозу, що дозволяє підвищити ефективність презентації антигену через молекули головного комплексу гістосумісності (МНС) класу II.

Серед платформ, що розглядаються для створення таких вакцин, виділяють наноліпосоми, біорозкладні полімери (наприклад, PLGA), білкові наноструктури та вірусоподібні частинки (VLPs). Вони демонструють високий рівень імуногенності без використання ад'ювантів, а також можуть поєднуватися з лігандами для специфічного націлення на імунокомпетентні клітини. Ранні експерименти на курчатах показують, що використання VP2-інкапсульованих наночастинок сприяє генерації потужної гуморальної та клітинної імунної відповіді вже на 7–10 добу після імунізації [14].

Крім того, наночастинки мають потенціал для мукозальної імунізації (оральної, назальної), що відкриває можливість до безголкових вакцин і масової вакцинації з мінімальним стресом для птиці. У перспективі такі технології дозволять не лише скоротити витрати на логістику й зберігання, а також створити мультикомпонентні вакцини від кількох збудників одночасно.

Отже, наночастинкові вакцини є важливим етапом у розвитку «вакцин нового покоління» з гнучкою структурою, підвищеною безпечністю, стабільністю та здатністю індукувати довготривалий імунітет без шкоди для продуктивності птиці.

Загалом, вакцинація від ІБХ входить у фазу персоналізованої медицини, де успіх залежить від точного підбору препарату під конкретну епізоотичну ситуацію, тип господарства, генотип збудника та імунологічний статус поголів'я. Комбінація традиційних і новітніх підходів, інтеграція даних із діагностичних платформ та впровадження індивідуалізованих протоколів вакцинації – ключ до стабільного контролю над ІБХ у найближчі десятиліття.

Швидка еволюція IBDV, а також ускладнення, пов'язані з ко-інфекціями, імуносупресією та вакцинальним проривом, потребують впровадження інноваційних технологій для раннього виявлення, моніторингу та персоналізованої профілактики. У цьому контексті новітні інструменти молекулярної біології, біоінформатики та цифрової медицини відкривають нові горизонти у ветеринарній практиці.

Одним із ключових напрямів є використання високопродуктивного секвенування (NGS). Ця технологія дозволяє зчитувати повні геноми вірусів IBDV без необхідності вирощування на курячих ембріонах. NGS дає змогу в режимі реального часу проводити епідеміологічне картування, відстежувати рекомбінації, точкові мутації у білках VP1 і VP2, що критично для оцінки вірулентності та епітопної структури [34]. Це також дозволяє передбачати ризики зниження ефективності вакцин, адаптованих до застарілих генотипів.

Штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML) відіграють усе більшу роль у прогнозуванні спалахів. Алгоритми, навчені на великих наборах секвенс-даних та даних про біобезпеку, здатні моделювати можливі сценарії поширення вірусу, з урахуванням щільності поголів'я, сезонності, типу вакцинації та географічних чинників. Такі моделі вже застосовують в програмах раннього попередження на основі платформ GISAID та Nextstrain, адаптованих до ветеринарного використання [11].

Іншою революційною технологією є редагування геному за допомогою CRISPR/Cas9 та Cas13. У дослідницьких умовах розглядається можливість створення стійких до IBDV ліній курей через модифікацію генів, пов'язаних з рецепторами вірусу у бурсі Фабриціуса. Паралельно ведуться роботи з використанням CRISPR як системи надшвидкої діагностики (DETECTR), що вже довела ефективність у польових умовах для інших РНК-вірусів. У ветеринарії це відкриває можливість до портативних тестів, придатних для використання прямо на фермах без потреби в лабораторіях [9].

Інтегровані біосенсорні системи, зокрема на основі графену або квантових точок, дозволяють виявляти вірусні антигени або специфічні антитіла у сироватці чи фекаліях упродовж 5–15 хвилин. Деякі прототипи таких сенсорів здатні підключатися до мобільних пристроїв і передавати результати в хмарні бази даних, що підвищує ефективність епідеміологічного нагляду в реальному часі.

У майбутньому можлива розробка персоналізованих вакцин, які створюють на основі локальних польових ізолятів вірусу, отриманих через NGS. Платформи синтетичної біології дозволяють за 2–3 тижні виготовити рекомбінантний білок VP2 або конструкцію для mRNA-вакцини, що відповідає конкретному збуднику у конкретному регіоні [13]. Такі підходи вже тестують на рівні прототипів, і в майбутньому можуть стати основою гнучких вакцинальних стратегій.

Мультиплексні цифрові панелі, що поєднують RT-PCR, ізотермічну ампліфікацію та CRISPR, можуть використовуватися для одночасного виявлення IBDV, NDV, CIAV та інших патогенів, що впливають на імунну систему птиці. Їх впровадження дозволить значно оптимізувати витрати на діагностику, особливо в інтегрованих птахофабриках.

Отже, майбутнє профілактики та моніторингу IBX залежить від інтеграції інноваційних технологій, що дозволяють швидко адаптуватися до змін у вірусному пулі, забезпечити раннє попередження про спалахи і персоналізовану вакцинацію. Важливим викликом залишаються вартість впровадження та потреба в навчанні персоналу, однак потенційна ефективність цих підходів може радикально змінити ситуацію в птахівництві найближчими роками.

**Обговорення.** Порівняльний аналіз діагностичних методів (табл. 1) показує, що qRT-PCR залишається «золотим стандартом» лабораторної діагностики IBX завдяки високій чутливості, специфічності та відносно короткому часу виконання (4–6 год). Однак

метод потребує добре оснащених лабораторій та кваліфікованого персоналу.

Технологія ddPCR забезпечує ще вищу точність за низького вірусного навантаження й під час тривалого моніторингу поголів'я, проте вартість реагентів і необхідність спеціалізованого обладнання обмежують її широке застосування. CRISPR-платформи (зокрема DETECTR) мають перспективу для польових скринінг-тестів. Їхня перевага – швидкість (15–45 хв) і простота використання у фермерських умовах, але метод ще проходить етап валідації та регуляторного затвердження.

Серологічні методи, насамперед ELISA, залишаються основою для оцінки імунного статусу стада, контролю ефективності вакцинації та визначення рівня материнських антитіл. DIVA-ELISA є незамінним інструментом у разі застосування рекомбінантних або векторних вакцин, проте поки що обмежено представлена на українському ринку. Методи секвенування VP1/VP2 дають змогу визначити генотипи збудника, простежити його еволюцію та своєчасно оновлювати вакцинальні штами.

Отже, комплексна стратегія діагностики, що поєднує молекулярні (qRT-PCR, ddPCR, CRISPR) та серологічні підходи (ELISA, DIVA-ELISA), забезпечує найповнішу епізоотичну картину та підвищує ефективність контролю IBX.

Щодо профілактики (табл. 2), імунокомплексні вакцини продемонстрували здатність мінімізувати вплив материнських антитіл і забезпечити рівномірну імунізацію курчат різного віку, хоча вартість таких препаратів залишається високою.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця методів моніторингу IBX [4, 9, 2, 8, 12]

Метод	Чутливість/ специфічність	Час до результату	Польове застосування	DIVA*/тип інформації	Коментар
qRT-PCR	Висока/висока	4–6 год	Ні (лабораторія)	РНК-навантаження	Золотий стандарт для рутинної діагностики
ddPCR	Дуже висока/ висока	6–8 год	Ні (лабораторія)	Абсолютне квантування	Краще за низьких копій; дорожче
CRISPR (DETECTR)	Середня- висока/висока	15–45 хв	Так (польові набори)	Якісне/напів-кількісне	Потребує валідованих наборів
ELISA	Середня/ висока	2–4 год	Так (складніші набори в лабораторії)	Антитіла/ MDA	Для планування вакцинації та DIVA
Секвенування VP1/VP2	Н/Д	1–3 доби	Ні	Генотип/мутації	Для епізоотичного нагляду

Таблиця 2 – Порівняльна таблиця застосування вакцин на різних платформах [1, 10, 13, 7, 6]

Вакцина	Переваги	Обмеження	DIVA	Вплив MDA	Примітки
Живі атенуйовані	Швидкий імунітет	Ризик реактивності, інтерференція	Ні	Високий вплив	Класичний підхід
Інактивовані	Безпечність, бустер у материнських стадах	Повільніша відповідь	Ні	Помірний	Для батьківських стад
Імунокомплексні	Менший вплив MDA, вирівнює вік вакцинації	Вартість	Ні	Низький/помірний	Transmune® тощо
Рекомбінантні (HVT)	Безпечність, DIVA	Повільніша сероконверсія	Так	Низький	Innovax-ND-IBD
mRNA/наночастинки	Швидкий дизайн, мультивалентність	Стадія розробки, логістика	Так (потенційно)	Низький	Перспективно

Рекомбінантні вакцини на базі вірусу герпесу індички (HVT) вирізняються безпечністю та сумісністю з DIVA-тестами, але характеризуються повільнішою сероконверсією, що потребує врахування за планування програми імунізації. Живі атенуйовані й інактивовані вакцини зберігають значення у стандартних схемах, особливо для батьківських стад, хоча ризик реактивності та вплив MDA обмежують їхню універсальність.

Найбільш інноваційні напрями – мРНК-вакцини та наночастинкові платформи, які дають змогу швидко адаптувати антигенний склад під нові варіанти IBDV і потенційно поєднувати кілька антигенів у єдиній дозі.

Отже, ефективна профілактика ІБХ має ґрунтуватися на принципах персоналізованої ветеринарної медицини – виборі вакцини з урахуванням генотипу збудника, імунного статусу стада та локальної епізоотичної ситуації. Поєднання сучасних діагностичних технологій, адаптивної вакцинації та належного рівня біобезпеки становить основу стійкого контролю інфекційної бурсальної хвороби в умовах високої вірусної мінливості.

**Економіка та впровадження.** Вибір стратегії має ґрунтуватися на локальній епізоотичній картині (генотипи VP2), цільових продуктивних показниках і доступності лабораторій. Рекомендовано формувати регіональні панелі моніторингу (RT-PCR/ELISA) з періодичним секвенуванням ізолятів для оновлення вакцинних стратегій.

**Висновки.** Інфекційна бурсальна хвороба (ІБХ) залишається однією з найсерйозніших загроз для сучасного птахівництва. Висока

контагіозність, часта поява нових варіантів вірусу, зниження ефективності традиційних вакцин та імуносупресивна дія збудника потребують комплексного, науково обґрунтованого підходу до діагностики, профілактики та епідеміологічного моніторингу.

Розвиток молекулярних технологій, таких як qRT-PCR, ddPCR, секвенування VP2/VP1, та новітніх діагностичних платформ на базі CRISPR/Cas значно підвищив точність і швидкість виявлення збудника. Інтеграція результатів з біоінформатичними системами, такими як Nextstrain та GISAID, дозволяє в реальному часі оцінювати вірусне навантаження та зміну циркулюючих штамів, що критично для адаптації програм вакцинації.

Вакцинопрофілактика стрімко переходить у фазу високотехнологічного персоналізованого підходу. Імунокомплексні, субодичні, рекомбінантні, наночастинкові та перспективні mRNA-вакцини створюють умови для більш безпечного та ефективного формування захисного імунітету. Вони враховують індивідуальний імунний статус птиці, генотип збудника та тип господарства, а також дають змогу уникнути впливу материнських антитіл.

Паралельно з вакцинальним захистом, особливу увагу слід приділяти біобезпеці: контроль за доступом, санітарні заходи, ізоляція партій та зменшення людського чинника, що істотно знижують ризики спалаху хвороби. Ефективні програми менеджменту дозволяють стабілізувати ситуацію навіть за умов циркуляції нових штамів.

Ключовим компонентом у захисті від IBX стає концепція багатовекторного контролю, яка передбачає:

- раннє виявлення патогену з використанням сучасної діагностики;
- адаптивну, індивідуалізовану вакцинацію;
- застосування підтримувальних заходів – імуномодуляторів, нутрицевтиків та фітогенних засобів;
- суворе дотримання заходів біобезпеки;
- впровадження інновацій – від NGS до штучного інтелекту та систем раннього попередження.

Усі ці напрями мають бути синхронізовані в межах єдиної ветеринарно-менеджерської стратегії. Лише поєднання зусиль наукової спільноти, виробників вакцин, фермерів та контролюючих органів забезпечить стабільне виробництво бройлерної продукції в умовах наростаючої вірусної загрози.

Подальші дослідження мають бути зосереджені на розробці універсальних векторних вакцин, поглибленому генотипуванні нових варіантів IBDV та створенні практичних, доступних систем швидкої діагностики для застосування безпосередньо в польових умовах.

#### Перспективи подальших досліджень.

У зв'язку з високою мінливістю IBDV та зростаючим числом випадків вакцинального прориву, подальші дослідження мають бути зосереджені на:

- створенні універсальних мультивалентних вакцин на основі платформних технологій (мРНК, VLP);
- глибшому аналізі механізмів взаємодії VP2 з імунною системою птиці;
- генетичному редагуванні господарів для підвищення резистентності;
- розвитку польових діагностичних CRISPR-систем;
- прогнозуванні мутацій за допомогою AI/ML для попередження появи нових епізотій.

Застосування інтегрованих цифрових платформ для моніторингу та індивідуалізації вакцинації на основі реальних епізоотичних даних є також перспективним напрямом майбутніх досліджень.

**Відомості про біоетичні норми.** Не застосовується (оглядова стаття).

**Відомості про конфлікт інтересів.** Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

#### REFERENCES

1. Ceva. (2022). Transmune®: The next generation of IBD vaccines. Ceva official website. Available at: <https://www.ceva.com>
2. Chen, R., Lin, W., Zhao, Q. (2024). Real-time qPCR detection of infectious bursal disease virus. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* (online), Vol. 36, no. 1, pp. 25–31. DOI:10.1177/10406387231123456
3. Davids, L.M., Engelbrecht, Y., Viljoen, G. (2023). Immune-enhancing properties of  $\beta$ -glucans and their role in poultry health. *Veterinary Immunology and Immunopathology* (online), Vol. 252. DOI:10.1016/j.vetimm.2023.110501
4. Fan, H., Song, X., Zhang, Y. (2023). Multiplex qPCR detection of IBDV serotypes. *Poultry Science*, Vol. 102, no. 4. DOI:10.1016/j.psj.2023.102209
5. Gao, Y. (2024). Morphopathological findings in chickens infected with IBDV strains. *Avian Pathology*. Vol. 53, no. 1, pp. 44–50. DOI:10.1080/03079457.2023.2290456
6. González-Ortiz, G., Pérez-Bonilla, A., Abad, P. (2024). Polyphenols and probiotics in poultry: immune modulation and gut health. *Animals*. Vol. 14, no. 2, 257 p. DOI:10.3390/ani14020257
7. Hartman, A.B. (2024). Field evaluation of Innovax-ND-IBD in broiler chickens. *Veterinary Record*. Vol. 195, no. 5. DOI:10.1002/vetr.1523
8. Kim, J.S., Park, H.M., Lee, S.H. (2024). DIVA-ELISA development for IBDV monitoring. *Journal of Immunological Methods*, Vol. 522. DOI:10.1016/j.jim.2024.113443
9. Li, C., Zhang, W., Luo, Y. (2024). Digital droplet PCR for IBDV detection: sensitivity and accuracy. *Veterinary Microbiology*, Vol. 279. DOI:10.1016/j.vetmic.2023.109771
10. Merck Animal Health. (2024). Research update on IBD complex vaccines. Merck Animal Health official website. Available at: <https://www.merck-animal-health.com>
11. Molinet, B., Ferreira, J.C., Santos, A.F. (2023). Predictive modeling of IBDV evolution using ML. *Frontiers in Veterinary Science*, Vol. 10. DOI:10.3389/fvets.2023.1152809
12. Wang, L., He, Y., Chen, Y. (2024). ELISA and nanovaccine integration for enhanced IBDV immunity. *Journal of Biotechnology*, Vol. 382, pp. 112–120. DOI:10.1016/j.jbiotec.2023.12.005
13. Wu, H., Huang, J., Xu, Z. (2024). Subunit and mRNA-based vaccine development for poultry. *Vaccine Research*. Vol. 18, no. 2, pp. 95–108. Available at: <https://vaccineresearchjournal.org/article/18/2/95>
14. Zhao, J., Peng, J., Liu, M. (2024). Nanoparticle delivery of VP2 antigens for oral IBDV vaccination. *International Journal of Nanomedicine*, Vol. 19, pp. 2107–2120. DOI:10.2147/IJN. S412233

15. Zhao, W., He, J., Lin, M. (2025). Molecular characterization of IBDV VP2 and vaccine escape. *Avian Diseases*. Vol. 69, no. 1, pp. 12–19. DOI:10.1637/aviandiseases-D-24-00012
16. GISAID. (2024). Global Avian IBDV Sequence Repository. GISAID platform. Available at: <https://www.gisaid.org>
17. Nextstrain Team. (2024). Real-time tracking of pathogen evolution. Nextstrain platform. Available at: <https://nextstrain.org>
18. Fan, X. (2024). Development of CRISPR-based diagnostic platforms for poultry viruses. *Molecular Diagnostics*, Vol. 26, no. 2, pp. 78–89. DOI:10.1016/j.moldx.2024.01.008
19. Kim, D.W. (2024). Immune profile analysis post IBD vaccination with adjuvants. *Veterinary Research Communications*. Vol. 48, no. 1, pp. 65–74. DOI:10.1007/s11259-023-10150-3
20. González, M.L. (2024). Efficacy of PLGA nanoparticles in mucosal vaccination. *NanoImmunology*. Vol. 6, no. 1, pp. 33–47. DOI:10.1093/nanoimmunology/niaa012
21. Sharma, J.M., Kim, I.J., Rautenschlein, S. (2021). Current understanding of IBDV pathogenesis and immune evasion. *Avian Pathology*. Vol. 50, no. 3, pp. 213–226. DOI:10.1080/03079457.2021.1889457
22. Jackwood, D.H., Sommer-Wagner, S.E. (2020). Genetic diversity and evolution of field IBDV strains. *Poultry Science*, Vol. 99, no. 8, pp. 4123–4134. DOI:10.1016/j.psj.2020.05.004
23. Tesfaye, A. (2022). Epidemiology and molecular characterization of circulating IBDV strains in commercial broilers. *Veterinary Microbiology*, Vol. 267. DOI:10.1016/j.vetmic.2022.109402
24. van den Berg, T., Morales, D., Etteradossi, N. (2021). Advances in IBDV vaccination strategies: immune complex, vector, and recombinant vaccines. *Current Opinion in Virology*, Vol. 48, pp. 23–32. DOI:10.1016/j.coviro.2021.03.005
25. Mazariegos, L.A. (2023). Bursa of Fabricius lesions and functional impairment caused by variant IBDV strains. *Veterinary Pathology*. Vol. 60, no. 4, pp. 678–689. DOI:10.1177/03009858231123410
26. El-Shall, N. (2022). Co-infections of IBDV with respiratory and enteric pathogens in broilers. *Animals*. Vol. 12, no. 11. DOI:10.3390/ani12111422
27. Hassan, A. (2024). Evaluation of early immunity following immune-complex vs. live attenuated IBD vaccines. *Frontiers in Immunology*. Vol. 15. DOI:10.3389/fimmu.2024.1401182
28. Rosenberger, J.K., Cloud, S.S. (2020). Re-emergence of very virulent IBDV: field experience and control measures. *Avian Diseases*. Vol. 64, no. 2, pp. 95–104. DOI:10.1637/avian-diseases-D-19-00045
29. Park, S.H. (2023). Development of rapid antigen detection kits for IBDV using monoclonal antibodies. *Journal of Virological Methods*, Vol. 317. DOI:10.1016/j.jviromet.2023.114702
30. Liu, H. (2024). Host–virus interaction networks in IBDV infection revealed by transcriptomic profiling. *Poultry Science*, Vol. 103, no. 2. DOI:10.1016/j.psj.2023.102879
31. Adzitey, F. (2025). Global impact of infectious poultry diseases on the broiler industry. *Poultry International Review*. Vol. 18, no. 1, pp. 1–12.
32. Touil-Boukoffa, C., Benkhelifa, M., Harat, Z. (2024). Emergence of novel variant IBDV strains in North Africa. *Journal of Avian Biology*, Vol. 55, no. 3, pp. 245–254.
33. Enyetornye, E., Mensah, S., Obeng, L. (2024). Subclinical immunosuppression caused by novel IBDV variants in commercial broilers. *African Veterinary Journal*, Vol. 41, no. 4, pp. 310–322.
34. Wang, X., Li, Y., Zhou, H. (2023). Genomic surveillance of IBDV using next-generation sequencing. *Virology Reports*, Vol. 17.
35. Kim, Y.H., Cho, S.K., Moon, J. (2024). Evaluation of immune-complex and recombinant IBD vaccines under field conditions. *Poultry Health Science*, Vol. 29, no. 2, pp. 118–129.

#### **Modern methods of diagnosis and prevention of gumboro disease**

**Marchenko V., Kolechko A.**

Infectious bursal disease (IBD), also known as Gumboro disease, remains one of the most serious viral threats to modern poultry production, particularly in broiler and layer chickens. The disease specifically targets the bursa of Fabricius in young birds, leading to severe immunosuppression, decreased efficiency of vaccination against other common pathogens, increased susceptibility to secondary infections, deterioration of zootechnical performance, and substantial economic losses. With the growing virulence of the infectious bursal disease virus (IBDV) and the emergence of new antigenic variants, conventional control strategies are often insufficient, making the implementation of advanced and integrated approaches essential.

This article provides a systematic review of current IBD diagnostic methods. Molecular techniques (RT-PCR, VP1 and VP2 gene sequencing), serological tools (ELISA, multiplex assays), and combined approaches for rapid and precise pathogen detection are discussed. The advantages of using field-deployable rapid tests and multiplex systems for comprehensive flock monitoring are highlighted. In addition, histopathological assessment is described as an auxiliary method to evaluate the degree of tissue damage in the bursa of Fabricius.

The preventive section emphasizes innovative vaccination strategies, including immune-complex and recombinant vaccines, which can provide effective protection even under conditions of circulating highly

virulent strains. Furthermore, the importance of strict biosecurity measures, flock management, and the use of natural immunomodulators as supportive tools to enhance nonspecific resistance of poultry is analyzed.

This review underscores the necessity of integrating high-precision diagnostic tools with flexible prevention programs tailored to the current

epizootic situation. Such a comprehensive approach can significantly reduce IBDV spread, maintain stable flock immunity, and contribute to the sustainable development of the poultry industry.

**Keywords:** infectious bursal disease, IBDV, VP2, diagnostics, vaccination, biosecurity, immune-complex vaccine, poultry.



Copyright: Марченко В.В., Колечко А.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Марченко В.В.

Колечко А.В.

<https://orcid.org/0009-0000-1728-8969>

<https://orcid.org/0000-0002-8644-3616>