

PACS numbers: 82.70.Dd, 87.19.rh, 87.19.xb, 87.19.xd, 87.19.xg, 87.23.Cc, 87.85.Rs

## Композиція наносрібла та молочної кислоти для проведення дезінфекції на птахівничих підприємствах

М. Д. Кучерук<sup>1</sup>, Д. А. Засєкін<sup>2</sup>, Р. О. Димко<sup>2</sup>, С. Г. Ліщук<sup>1</sup>, І. О. Чорний<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ЗВО «Подільський державний університет»,  
вул. Шевченка, 12,  
32316 Кам'янець-Подільський, Україна

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
вул. Героїв оборони, 15,  
03041 Київ, Україна

У статті наведено результати випробування розробленого препарату, що являє собою комбінацію речовин з різними хемічними властивостями та дією. До складу препарату входять наступні діючі речовини: молочна кислота — 15%, колоїдний розчин ультрадисперсних частинок срібла — 0,2%, вода — 84,8%. Його ефективність випробувано на різного типу поверхнях об'єктів, визначено оптимальний час експозиції та методи оброблень. Проведено визначення токсичності дезінфікувального засобу експрес-методом встановлення максимально допустимого рівня робочих розчинів засобу за показниками життєдіяльності інфузорій *Tetrahymena pyriformis*. Встановлено бактерицидну активність дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти щодо тест-культур *E. coli* та *S. aureus* на тест-об'єктах. Проведеними дослідженнями встановлено бактерицидні властивості засобу за різних концентрацій та експозицій. Дезінфікувальний засіб на основі молочної кислоти та колоїдного розчину наночастинок срібла застосовують у птахівництві, оскільки до його складу входять речовини, що природним чином регулюють чисельність мікрофлори. Вказаний дезінфектант доцільно застосовувати для ефективної дезінфекції та санації технологічних і виробничих птахівничих приміщень, системи водопостачання та напування птиці, інвентарю, обладнання, а також повітря, підстилки, поверхонь тощо. Наведено методи проведення дезінфекції приміщень і системи водопостачання у птахівництві розробленим засобом на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти. Вказаний засіб є безпечним для тварин; про це свідчать дослідження, проведені на одноклітинних організмах, що дає змогу широко застосовувати його у виробничих умовах для проведення дезінфекції приміщень, обладнання, інвентаря птахівничого господарства.

The article presents the results of research on the development and application of a disinfectant based on silver nanoparticles and lactic acid in poultry farming. The relevance of the study is due to the growing need for effective and safe disinfectants, which ensure high veterinary and sanitary conditions in modern animal husbandry. The antimicrobial properties of silver nanoparticles are enhanced by the synergistic action with lactic acid, which allows for a broad spectrum of activity against pathogenic microorganisms, including antibiotic-resistant strains. The work describes the mechanism of action of the proposed composition, including the destruction of cell membranes of bacteria and the disruption of their vital functions. The technology of obtaining silver nanoparticles is briefly outlined, as well as the optimal concentrations of the components in the disinfectant. Particular attention is paid to the results of testing the preparation in poultry farms, where a significant reduction in microbial contamination of surfaces, equipment, and air in poultry houses is observed. The safety of the agent for animals and the environment is also confirmed. The obtained data testify to the effectiveness of the developed disinfectant for use in veterinary practice, particularly, in the poultry industry. It has the potential to become an alternative to traditional chemical disinfectants, contributing to the improvement of biosafety in farms and the prevention of the spread of infectious diseases.

**Ключові слова:** наночастинки срібла, молочна кислота, дезінфікувальний засіб, антимікробна активність, птахівництво, ветеринарна медицина, дезінфекція, безпека тварин, агропромисловість, антисептичні властивості.

**Key words:** silver nanoparticles, lactic acid, disinfectant, antimicrobial activity, poultry farming, veterinary medicine, disinfection, animal safety, agro-industry, antiseptic power.

*(Отримано 19 травня 2025 р.; після доопрацювання — 7 червня 2025 р.)*

## 1. ВСТУП

**Сучасні підходи щодо дезінфекції у птахівництві: ефективність, безпечність і технологічні аспекти.** Птахівництво як одна з провідних і високорентабельних галузей тваринництва характеризується високою динамікою розвитку та потребує постійного удосконалення системи біозахисту. Одним із ключових напрямів є оновлення асортименту дезінфекційних засобів у зв'язку з поширенням резистентності мікроорганізмів до традиційних антимікробних препаратів. Ефективна профілактика інфекційних захворювань птиці та захист здоров'я населення потребують застосування сучасних дезінфікувальних засобів, щодо яких чутливі основні патогенні мікроорганізми [1, 4]. Це забезпечує належний рівень ветеринарно-санітарного благополуччя на птахівничих підприємствах.

Багато з дезінфектантів, що використовувалися раніше, є морально застарілими, малоефективними або екологічно небезпечними. Під час вибору дезінфекційних засобів доцільно враховувати їхній спектр антимікробної дії, агресивність щодо матеріалів, стабільність під час зберігання та транспортування [2, 5]. Не менш важливою є екологічна безпечність засобів, що використовуються, оскільки потрапляння шкідливих хемічних компонентів у навколишнє середовище може мати негативні наслідки. Дезінфектанти нового покоління мають поєднувати ефективність щодо збудників хвороб із відповідністю екологічним вимогам [5].

Використання нанотехнологій у розробці нових дезінфікувальних засобів є перспективним напрямом підвищення ефективності біобезпеки. Аерозольний метод дезінфекції має низку переваг, зокрема здатність забезпечити глибоке проникнення дезінфікувальних частинок у важкодоступні зони приміщення. Подрібнення робочого розчину до найдрібніших частинок значно збільшує площу активної поверхні, що сприяє підвищенню хемічної активності речовини та зменшенню її витрат. Крім того, застосування аерозольного розпорошення уможливорює оптимізувати витрати на воду, її нагрівання та приготування розчинів.

Характер взаємочину дезінфікувальної речовини з бактеріальною клітиною визначається хемічною природою препарату та властивостями збудника [1, 3]. Зменшення розміру аерозольних частинок понижуює необхідну дозу дезінфектанта, а введення срібла у формі наночастинок додатково підвищує площу контакту з мікроорганізмами, що підсилює дезінфекційний ефект.

Для проведення дезінфекції повітря у присутності птиці необхідно використовувати засоби, що не є токсичними, не подразнюють слизові оболонки, не мають різкого запаху, не викликають корозію, не є легкозаймистими, добре розчиняються у воді та не забарвлюють оброблювані поверхні [7].

Якість питної води є визначальним чинником у забезпеченні здоров'я птиці, оскільки вода бере участь у більшості фізіологічних процесів. Птах споживає води більше, ніж сухої речовини корму; тому наявність у воді патогенних мікроорганізмів чи біоплівки, що утворюються у водопровідних системах, є значним ризиком для здоров'я поголів'я. Санітарне оброблення систем напування має бути регулярним і ефективним. Для видалення органічних забруднень, біоплівки і мінеральних відкладень доцільно використовувати розчини органічних кислот чи їхніх солей.

Через непрозорість елементів систем подачі води часто неможливо візуально оцінити рівень забруднення; тому після завершення кожного технологічного циклу потрібно проводити очищення, миття та дезінфекцію систем. Низька якість води може призвести до розвитку як інфекційних, так і незаразних захво-

рювань птиці. На державному рівні безпечність питної води регулюється законодавчими актами, зокрема Законами України «Про питну воду та питне водопостачання», «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», а також директивами ЄС та відповідними державними стандартами (наприклад ДСТУ 7525:2014).

Системна санація водопровідних мереж — важливий компонент ветеринарно-санітарної профілактики у птахівництві. У практиці використовуються різні типи дезінфекції: профілактична, поточна та вимушена. Ефективність довели генератори холодного та гарячого туману. Перші генерують частинки розміром у 10–20 мкм і можуть використовуватись у присутності тварин, тоді як гарячий туман утворює частинки розміром у 0,5–2,0 мкм, що забезпечує глибше проникнення в середовище [6].

Оптимізація дезінфекційних заходів передбачає впровадження нових методичних підходів до створення дезінфектантів на основі органічних кислот і нанорозмірного колоїдного срібла. Застосування таких засобів в аерозольній формі за допомогою генераторів типу Hurricane або Smart Fog дасть змогу ефективно реалізувати профілактичну, поточну та завершальну дезінфекцію на об'єктах птахівництва, підвищуючи загальну ефективність ветеринарно-санітарних заходів.

**Діючі речовини дезінфектанту — срібло та молочна кислота.**

**Срібло.** Сьогодні наночастинки срібла знаходять широке застосування у санітарно-гігієнічних заходах на агропромислових підприємствах. Їх ефективно використовують для очищення води, дезінфекції трубопроводів, фільтраційних систем, вентиляційного обладнання, а також у птахофабриках і на підприємствах переробки тваринницької продукції. Розчини наночастинок срібла успішно застосовують для знезараження стічних вод; вони мають тривалу антисептичну дію, що уможливляє зберігати воду без зміни її якості до пів року та більше [4].

Антимікробні властивості срібла відомі людству ще з давніх часів. Сучасні технології дають змогу одержувати препарати срібла з використанням електролітичного методу, який є екологічно безпечним. Завдяки цьому вдається уникнути побічних ефектів і токсичності, властивих багатьом хемічним препаратам. Водночас срібло стимулює імунну відповідь, нормалізує обмін речовин і поліпшує загальний фізіологічний стан організму.

Срібло — мікроелемент, що бере участь у функціонуванні ендокринної системи, головного мозку, печінки й опорно-рухового апарату. Його позитивний вплив на біохемічні процеси в організмі відзначається за концентрацій у 0,05–0,1 мг/л [2, 4].

Особливі властивості наночастинок, зокрема їхній малий розмір і велика питома поверхня, посилюють антибактеріальну ак-

тивність срібла. Це уможлиблює досягати антисептичного ефекту навіть із використанням дуже малих доз, що робить такі розчини екологічно безпечнішими за більшість відомих біоцидів. Наночастинки срібла ефективно знищують понад 1000 видів патогенних мікроорганізмів, включаючи віруси та грибки [3].

Колоїдне срібло — це суспензія наночастинок у демінералізованій або дейонізованій воді, одержана електролізою. Основна форма — маточний розчин з концентрацією у 200 мг/л; для практичного застосування використовують 1% -розчин [6].

Антимікробна дія срібла реалізується через його вплив на ферменти, білки та мембранні структури мікроорганізмів, що приводить до порушення життєдіяльності клітин [2]. Речовина активно використовується у медицині: її вводять внутрішньовенно під час лікування запальних, інфекційних та аутоімунних захворювань, застосовують перорально за гастроентерологічних патологій. Водночас не порушується симбіотична мікрофлора, а ризик дисбактеріозу відсутній [1].

Зовнішньо препарати срібла застосовуються для лікування ран, опіків і венеричних захворювань. Колоїдне срібло стимулює імунітет, поліпшує репаративні процеси, позитивно впливає на формулу крові й активізує обмін речовин. Воно також посилює фагоцитарну активність і здатність імунних клітин до боротьби з патогенами [1].

Йони Ag ефективні проти вірусів віспи, грипу, ентеровірусів, аденовірусів і навіть ВІЛ, особливо у вигляді наночастинок розміром у 1–10 нм, що підтверджено експериментами *in vitro* [2].

Встановлено, що патогенні мікроорганізми значно чутливіші до срібла, ніж нормальна мікрофлора; тому в допустимих дозах срібло не шкодить симбіонтам. Цей факт зумовлює ефективність препаратів срібла під час лікування дисбактеріозів, а також для резистентності мікроорганізмів до антибіотиків [5, 6].

Срібло має антимікробну активність щодо таких збудників як *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* — бактерій, що часто зустрічаються у ветеринарній практиці. Причому його ефективність у деяких випадках перевищує дію антибіотиків [2].

Таким чином, розчини наночастинок срібла — це перспективний, ефективний і безпечний інструмент для широкого застосування в аграрному секторі України.

**Молочна кислота.** Молочна кислота є природнім, нетоксичним і результативним засобом, який широко використовується у ветеринарній практиці. Її одержують шляхом ферментації рослинної сировини з додаванням цукру та подальшим очищенням. Препарат виконує функції консерванту, підкислювача, дезінфектанту та стимулятора продуктивності [9].

Це одна з найпоширеніших органічних кислот, яку застосовують для дезінфекції повітря, приміщень, обладнання й інвентаря у тваринництві та птахівництві. Вона також використовується для санітарного оброблення комбікормових цехів, складів, силосів і транспортних засобів.

З метою дезінфекції повітря в присутності птиці за спалахів пулорозу, тифу, холери, мікоплазмозу тощо використовують 20%-розчин кислоти у вигляді аерозолу (15–20 мл/мі, експозиція — 30–45 хв.) [8].

Антимікробна дія молочної кислоти реалізується як безпосередньо, так і опосередковано. Прямий ефект включає знищення бактерій і грибків, тоді як опосередкований пов'язаний з пониженням рН середовища, що пригнічує розвиток патогенної мікрофлори.

Механізм дії молочної кислоти полягає в порушенні клітинного метаболізму бактерій, пониженні енергетичного потенціалу, руйнуванні клітинної мембрани та нагромадженні токсичних йонів всередині клітини.

Опосередкована дія, зумовлена пониженням рН (за показників нижче 4,5), значно пригнічує ріст грамнегативних бактерій, тоді як грампозитивні (включаючи молочнокислі) у таких умовах, навпаки, отримують перевагу [10].

Важливо підкреслити, що, на відміну від антибіотиків, використання молочної кислоти не приводить до формування стійкості патогенів. Саме тому її активно використовують як альтернативу антибіотикотерапії у ветеринарії.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ

### 2.1. Характеристика дезінфікувального засобу

**Склад препарату.** Дезінфікувальний засіб являє собою комплекс речовин з різними хемічними властивостями та дією. До складу препарату входять наступні діючі речовини: молочна кислота — 15%, колоїдний розчин ультрадисперсних частинок срібла (концентрація срібла — 0,2 мг/л) — 0,2%, вода — 84,8%.

Ультрадисперсні частинки срібла одержано у воді методом плазмоерозійного диспергування гранул срібла із застосуванням примусової вібраційної активації їх. Максимальні розміри окремих частинок дисперсної фази досліджуваних гідрозолів не перевищують 50 нм. Розподіл частинок за розмірами визначався методом зворотнього розсіяння на аналізаторі Zetasizer Nano ZS компанії *Malvern Instruments Ltd.*

Розподіл частинок є одномодальним, ймовірно, логаритмічно-нормальним із середнім значенням, що явно не перевищує 10 нм.

Слід також зазначити, що ці ультрадисперсні частинки мають схильність до агрегації, що, у разі відсутності спеціальних заходів стабілізації, понижує стійкість гідрозолів до седиментації. Відомі методи підвищення стійкості до осідання включають додавання органічних (наприклад желатин) або неорганічних (наприклад KCl, NaCl) речовин [1].

У нашому випадку обидва ці варіанти є неприйнятними: органічні домішки можуть слугувати живильним середовищем для мікроорганізмів, понижуючи антимікробну активність препарату, а істотні зміни йонного складу дисперсного середовища можуть зробити воду непридатною для подальшого використання.

Одержані нами срібні гідрозолі, виготовлені без застосування стабілізаторів, зберігали стійкість до осідання в лабораторних умовах упродовж 6 місяців [10].

Для досліджень використовувався свіжий (не більше ніж 20 діб з моменту отримання) гідрозоль срібла, одержаний методом плазмоерозії, який безпосередньо перед дослідом розводився стерильною дистильованою водою до робочої концентрації срібла у 0,2 мг/л. Вміст срібла визначали методом атомно-абсорбційної аналізи.

Суміш розчину наночастинок срібла та молочної кислоти як дезінфікувальний засіб можна віднести до категорії засобів з антимікробною дією проти грампозитивних і грамнегативних бактеріальних форм і вірусів; характеризується довгостроковим терміном придатності.

**Фармацевтична форма** — прозора рідина світло-сірого кольору. Допускається наявність опалесценції й осаду, що не впливає на дезінфікувальні властивості засобу.

**Розкладання.** Легко біорозкладається.

**Протипоказання.** Немає.

**Спеціальні застереження.** Обробляння засобом проводять у закритому приміщенні, обладнаному припливно-витяжною вентиляцією. Термін придатності робочого розчину після розведення — 12 годин.

**З метою дезінфекції** робочі розчини готують у скляних або пластмасових місткостях шляхом додавання різних доз засобу до водопровідної води кімнатної температури. Обробляння можна проводити різними способами: промиванням, змочуванням, зануренням, протиранням, обприскуванням, зрошенням. Підходить для поточної санації водогонів і напувалок у присутності птиці.

Для приготування розчинів необхідної концентрації змішують об'єми складників, зазначені у табл. 1.

**Застосування.** Дезінфекцію розробленим засобом проводять вологим (протирання, занурення, замочування) й аерозольним (зрошення) методами. Поверхні у приміщеннях (підлога, стіни

**ТАБЛИЦЯ 1.** Приготування робочих розчинів засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти.<sup>1</sup>

Концентрація розчину (%) за засобом	Кількість інгредієнтів (мл), необхідна для приготування:	
	1 л робочого розчину	
	Засіб	Вода
0,1	1,0	999,0
0,3	3,0	997,0
0,5	5,0	995,0
1,0	10,0	990,0
2,0	20,0	980,0
3,0	30,0	970,0

тощо), поверхні приладів, устаткування змочують відповідним розчином дезінфекційного засобу або зрошують із гідропульта, розпорощувача тощо. Ефективним є використання генераторів холодного та гарячого туману, що здійснюють автоматичне розпорощення найдрібніших частинок аерозолу. Гумові килимки можна знезаражувати способом занурення, також дезінфектант використовують для наповнення дезкилимків. Системи напування та водогонів дезінфікують промиванням.

Для профілактичної та вимушеної дезінфекції препарат застосовують у вигляді розчинів різної концентрації:

- 0,25% — для санації обладнання, інкубаторів, для очистки гідросистем, годівниць і напувалок для тварин;
- 0,25–0,5% — для вологої дезінфекції у разі бактеріяльних і вірусних інфекцій, асептичного прибирання торговельних, лабораторних, м'ясопереробних приміщень (поверхню підлоги, стін), приладів, інвентарю, холодильників, транспортних засобів, планової дезінфекції під час санітарно-технологічних процесів у тваринницьких приміщеннях;
- 0,5% — для профілактичної дезінфекції приміщень та інвентарю в присутності тварин і птиці, оброблення інкубаційних яєць;
- 0,5–1,0% — для аерозольної дезінфекції у разі бактеріяльних і вірусних інфекцій;
- 0,5–1,0% — для дезінфекції місць утримання хворих тварин і птиці;
- 1,0–2,5% — для дезінфекції у разі грибкових інфекцій.

**Застосування препарату.** Перед дезінфекцією поверхні виробничих, санітарно-побутових і підсобних приміщень (стіни, підлогу, підвіконня, двері, стелі тощо) механічно очищають і промивають із застосуванням мийних засобів для видалення наявних білково-жирових забруднень. Перед використанням засобу наріст

плісневих колоній, що утворився на стінах і стелях, видаляється механічно.

Ретельність проведення вищевказаних операцій визначає подальшу ефективність дії препарату.

Після повного видалення залишків миючого розчину водопровідною водою проводять дезінфекцію устаткування та поверхонь приміщення відповідно до вказівок, викладених у табл. 2–4.

**ТАБЛИЦЯ 2.** Режими дезінфекції засобом на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти для знезараження бактеріальної мікрофлори на поверхнях об'єктів різних типів.<sup>2</sup>

Об'єкти дезінфекції	Концентрація робочого розчину за діючою речовиною, %	Експозиція, хв.	Спосіб дезінфекції
Санация обладнання, інкубаторів, очистка гідросистем, годівниць і напувалок для тварин, ніпельних систем напування	0,25–0,5	180	Занурення або зрошення, холодний туман, гарячий туман
Поверхні у приміщеннях (підлога, стеля, стіни, двері, меблі з пластику, кахель, миючі фарбовані поверхні, оброблене дерево тощо)	1–1,5	60	Занурення, протирання з дезрозчином, зрошення, холодний туман, гарячий туман
	0,25	180	
Профілактичні дезінфекції приміщень та інвентарю в присутності тварин і птиці	0,5	60	Протирання та зрошення
	0,25	180	
Для вологої дезінфекції у разі бактеріальних інфекцій, асептичне прибирання торговельних, м'ясопереробних, лабораторних приміщень (поверхні підлоги, стін), приладів, інвентарю, апаратів, предметів догляду за тваринами, інше устаткування, холодильників, транспортних засобів, планові дезінфекції	0,5	60	Очищення з дезрозчином або занурення в розчин з наступним промиванням водою
Санітарно-технічне обладнання, інвентар для прибирання	0,25	120	Протирання серветкою з дезрозчином або занурення в розчин
	0,5	180	
Ізолятори та карантинні відділення	1,0	60	Аерозольне зрошення, холодний туман, гарячий туман

*Примітка:* Для проведення заходів у разі заключної дезінфекції рекомендується подвійне оброблення поверхонь з інтервалом у 15–30 хв.

**ТАБЛИЦЯ 3.** Вплив дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти на виживаність інфузорій *Tetrahymena pyriformis*, %,  $M \pm m$ ,  $n = 5$ .<sup>3</sup>

Час дії, хв.	Контроль	Концентрація засобу, %						
		0,02	0,05	0,1	0,3	0,5	1,0	1,5
		Вживання інфузорій						
1	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95 ± 8,0
5	100	100,0	100,0	100,0	100,0	85 ± 7,0	85 ± 6,0	65 ± 5,0
10	100	100,0	100,0	100,0	95 ± 8,0	75 ± 6,0	75 ± 6,0	40 ± 4,0
15	100	100,0	100,0	100,0	95 ± 7,0	55 ± 6,0	55 ± 5,0	20 ± 2,0
20	100	100,0	100,0	95 ± 7,0	90 ± 6,0	50 ± 5,0	45 ± 4,0	0
30	100	100,0	100,0	95 ± 6,0	60 ± 4,0	45 ± 5,0	30 ± 3,0	0
40	100	100,0	95 ± 7,0	90 ± 6,0	55 ± 3,0	45 ± 4,0	25 ± 2,0	0
50	100	95 ± 5,0	85 ± 4,0	70 ± 4,0	55 ± 3,0	40 ± 3,0	20 ± 2,0	0
60	100	90 ± 4,0	80 ± 3,0	60 ± 3,0	50 ± 2,0	35 ± 3,0	0	0

**ТАБЛИЦЯ 4.** Бактерицидна ефективність дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти в умовах *in vitro*,  $n = 3$ .<sup>4</sup>

Досліджувана концентрація розчину	Ефективність застосування різних концентрацій за різних експозицій		
	Експозиція	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Концентрат	0,5 год.	—	—
	1 год.	—	—
	1,5 год.	—	—
0,05%	0,5 год.	+	+++
	1 год.	+	+++
	1,5 год.	+	++
0,5%	0,5 год.	—	—
	1 год.	—	—
	1,5 год.	—	—
1%	0,5 год.	—	—
	1 год.	—	—
	1,5 год.	—	—
2%	0,5 год.	—	—
	1 год.	—	—
	1,5 год.	—	—
Контроль (стерильна во- допровідна вода)	0,5 год.	—	—
	1 год.	—	—
	1,5 год.	—	—

*Примітки:* — — ріст відсутній; + — ріст присутній; ++ — від 10 до 30 КУО; +++ — від 30 до 70 КУО; ++++ — інтенсивний ріст.

Дезоброблення проводять наступними методами: зануренням, зрошенням, протиранням вологою ганчіркою, аерозольним тощо. Для цього необхідна кількість дезінфектанту вноситься до бака мийної станції за механізованого способу дезінфекції чи в мийну ванну у разі ручного способу (витрата робочого дезінфікувального розчину складає близько 0,1–0,2 дм<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> поверхні).

Для зменшення експозиції робочі розчини засобу спочатку підігріваються. Допускається застосування робочих розчинів кімнатної температури, але водночас збільшують експозицію.

Узимку, з метою створення стійкого аерозолю в приміщеннях (не менше 1 години), водно-органічний розчин наночастинок срібла та молочної кислоти рекомендовано підігрівати до температури у 30–50°C або готувати розчин на попередньо підігрітій воді. За мінусових температур 10%-маточні розчини препарату можуть замерзати, але це не відображається на біологічній активності дезінфектанту.

У разі профілактичного оброблення аерозольним методом слід витримувати експозицію від 30 до 45 хвилин; для поточної та завершальної дезінфекції — рекомендовано збільшити до 3–6 або навіть до 24 годин.

Якщо на окремо взятому підприємстві є можливість проводити вказані заходи в кінці робочої зміни, за умови подальшої технологічної перерви від 4 і більше годин, то після оброблення устаткування лужним розчином робочі розчини дезінфікувального засобу на основі колоїдного розчину наночастинок срібла та молочної кислоти можна залишати на поверхні обладнання без змивання та не проводити видалення його залишків.

У період контакту розчинів препарату з обробленими поверхнями відбувається їхня консервація та відпадає необхідність повторної дезінфекції перед початком робочої зміни.

Оброблення поверхонь виробничих приміщень робочими розчинами дезінфікувального препарату можна проводити в присутності тварин.

Для дезінфекції інкубаційних яєць оброблення проводять аерозольним розпорошенням розчину концентрацією у 0,25–0,5% за експозиції у 45–60 хвилин. Норма витрати на 1 м<sup>2</sup> — 6–10 мл.

Після завершення оброблення приміщення провітрюють упродовж 30–40 хвилин за активної вентиляції. Годівниці, напувалки, інвентар не підлягають промиванню водою, оскільки оброблення препаратом не приводить до хемічної корозії. Для підвищення економічної ефективності щодо проведення санітарно-гігієнічних заходів необхідно активно використовувати чинник пролонгованої дезінфікувальної дії рекомендованого дезінфікувального засобу. Після дезінфекції робочими розчинами поверхонь виробничих та інших приміщень (стіл, дверей, підвіконь, стела-

жів тощо), а також тари, інвентарю, транспортних засобів, які не контактують безпосередньо з сировиною, напівфабрикатами, питною водою та нефасованою продукцією, обполіскування не проводиться. Оскільки дезінфектант на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти забезпечує тривалий захист від інфікування оброблених поверхонь (від 7 діб), подальші санітарні оброблення виробничих приміщень планують за результатами мікробіологічної перевірки конкретного об'єкту.

Норми витрат робочого розчину дезінфектанту становлять: вологе оброблення гладких поверхонь — 50–100 мл/м<sup>2</sup>, вологе оброблення поверхонь пористого типу — 150–200 мл/м<sup>2</sup>, аерозольне оброблення — 6–15 мл на 1 м<sup>3</sup> приміщення.

Контроль якості дезінфекції проводять у відповідності до вимог нормативних документів у закладах відповідної галузі.

**Техніка безпеки.** Необхідною умовою для роботи є наявність у приміщенні припливно-витяжної вентиляції. Персонал, який працює з препаратом, повинен дотримуватися загальноприйнятих правил гігієни та безпеки.

Під час приготування та застосування розчинів необхідно користуватися засобами захисту органів дихання, шкіри та слизових оболонок, очей (халат, шапочка, фартух із прогумованої тканини, гумові рукавиці, гумове взуття, захисні окуляри, респіратори).

За випадкового попадання дезінфікувального засобу на шкіру, слизові оболонки чи в очі необхідно негайно промити їх проточною водою.

## 2.2. Визначення токсичності дезінфікувального засобу

Експрес-метода встановлення максимально допустимого рівня робочих розчинів засобу за показниками життєдіяльності інфузорій тетрагімени є однією з найоптимальніших.

Під час проведення дослідів із визначення токсичних властивостей дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти на інфузорії *Tetrahymena pyriformis* було одержано наступні результати (табл. 3). Так, аналізуючи дані дослідів, можна зробити висновок, що на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти, починаючи з 0,3% концентрації, засіб з 1-ої хвилини поступово впливав на кількість інфузорій до 0,5%-концентрації, де виживших інфузорій було 53% (час дії склав 10 хв.). А вже з 30-ої хвилини кількість загинувших різко збільшилася, що свідчить про токсичний ефект.

Аналізуючи дані таблиці 5, слід відзначити, що за експозиції у 1–60 хвилин на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти концентраціями у 0,02–0,5% по відношенню до інфузо-

**ТАБЛИЦЯ 5.** Результати вивчення бактерицидного розведення дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти щодо *E. coli*,  $n = 5$ .<sup>5</sup>

№	Розведення	Концентрація, %	Кількість колоній				Бактерицидне розведення
			після 24 год.		після 48 год.		
			Експозиція, хв.				
			10	30	10	30	
1	1:50	2,0	—	—	7	3	
2	1:70	1,428	—	—	15	10	
3	1:98	1,020	—	—	22	29	1)
4	1:137,2	0,728	— (8*)	— (5*)	42	37	
5	1:192,1	0,520	— (11*)	— (10*)	64	75	
6	1:268,9	0,371	— (15*)	— (13*)	127	83	2)
7	1:376,5	0,265	20 (30*)	9 (19*)	152	128	
8	1:527,1	0,189	32 (102*)	16 (79*)	165	147	
9	1:737,9	0,135	37 (138*)	27 (116*)	220	176	
10	1:1033,1	0,096	52	40	283	210	
К	—	—	389	682			

*Примітки:* К — контроль; \* — з сироваткою крові; <sup>1)</sup> — бактерицидне розведення з сироваткою крові за різної експозиції після 24 годин інкубації; <sup>2)</sup> — чисте бактерицидне розведення за 10- та 30-хвилинної експозиції після 24 годин інкубації.

рій засіб є малотоксичним. У концентраціях вище 0,5% токсичність засобу зростає, спостерігається затримка росту, пригнічення та загибель інфузорій, починаючи з першої хвилини.

Проте, аналізуючи вплив 0,1% -робочого розчину, з 1-ої по 15-ту хвилину (100% живих інфузорій) засіб нешкодочинно впливає на клітини інфузорій. А вже з 30 хв. пішов різкий спад загиблих, що свідчить про пониження токсичного ефекту чи адаптацію до зміни навколишнього середовища (температура, стрес тощо).

Тератогенний ефект не виявлено, в процесі контролю спостерігали ділення клітин і репродукцію їх, але впродовж часу під дією засобу все загальмовувалося та гинуло.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що дезінфікувальний засіб на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти за умов дотримання рекомендованих

концентрацій, а саме, 0,02–0,5%, за експозиції у 1–10 хв. не проявляв токсичної дії на інфузорію *Tetrahymena pyriformis*. Дезінфікувальний засіб на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти можна використовувати для профілактичної дезінфекції об'єктів ветеринарної медицини у присутності тварин в рекомендованих дозах та експозиціях.

### 3. БАКТЕРИЦИДНА АКТИВНІСТЬ ЩОДО ТЕСТ-КУЛЬТУР *E. Coli* та *S. Aureus* НА ТЕСТ-ОБ'ЄКТАХ

Проведеними дослідженнями встановлено бактерицидні властивості засобу за різних концентрацій та експозицій.

За наявності росту *E. coli* колір середовища КОДА із зеленого змінювався на жовтий. Дані зміни ми спостерігали за досліджуваною концентрацією засобу у 0,05% срібла та 4% молочної кислоти в засобі та порівнювали з контрольною пробою.

За жодної із інших досліджуваних експозицій і концентрацій засобу, росту кишкової палички відмічено не було, оскільки середовище не змінило свій колір (залишилося зеленим). Це свідчило про те, що дезінфікувальний засіб знезаразив поверхню тест-об'єкта (табл. 4).

Ріст золотистого стафілокока в сольовому м'ясо-пептонному бульйоні спостерігали також лише за досліджуваною концентрацією у 0,05% срібла у засобі та у контрольному зразку. За помутніння сольового МПБ для підтвердження росту *S. aureus* змиви пересівали на молочно-сольовий агар і ставили в термостат за температури у 37°C на 24 год. З'являвся інтенсивний ріст білувато-жовтих в'язких колоній середнього розміру. За усіх інших досліджуваних експозицій і концентрацій засобу росту не було.

Отже, встановлено, що досліджуваний засіб проявляє ефективну бактерицидну дію щодо *Escherichia coli* та *Staphylococcus aureus*. Найменша досліджувана експозиція та концентрація дезінфікувального засобу, за яких загинули штами мікроорганізмів становили 0,5% за 30 хв.

**Бактерицидне розведення дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти щодо тест-культури *E. coli*.** Дослідженнями встановлено, що після 24-годинної інкубації за 10-хвилинної експозиції відмічали прогресуючий ріст колоній *E. Coli*, починаючи з концентрації засобу у 0,265%, у той час як за 30-хвилинної експозиції — з 0,189%. За 48 год. інкубації і 10 хв. експозиції відмічали прогресуючий ріст колоній, починаючи вже з першого розведення, за 30-хвилинної — з другого.

Одержані результати свідчать про 90–100%-дезінфікувальну дію щодо *E. coli* впродовж першої доби застосування. Однак вже

на другу добу дія дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти істотно понизилася. Чисте бактерицидне розведення після 24 годин інкубації за 10- та 30-хвилинної експозиції складало 1:268,9, що відповідає розчину у 0,371% концентрації (табл. 5).

**Бактерицидне розведення дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти щодо тест-культури *S. aureus*.** Проведеними дослідженнями, за розведення дослідного засобу 1:50 і нижче, реєстрували ріст колоній, який залежав від концентрації досліджуваної речовини.

За даними таблиці 6, після 24-годинної інкубації за 10-хвилинної експозиції відмічали прогресуючий ріст колоній, починаючи з концентрації засобу 0,189%, у той час, як за 30-

**ТАБЛИЦЯ 6.** Результати вивчення бактерицидного розведення дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти щодо *S. aureus*,  $n = 5$ .<sup>6</sup>

№ колби	Розведення	Концентрація, %	Кількість колоній				Бактерицидне розведення
			після 24 год.		після 48 год.		
			Експозиція, хв.				
			10	30	10	30	
1	1:50	2,0	—	—	—	—	
2	1:70	1,428	—	—	—	2	1)
3	1:98	1,020	—	—	7	3	
4	1:137,2	0,728	—	—	15	10	2)
5	1:192,1	0,520	—	—	22	29	
			(6*)	(5*)			
6	1:268,9	0,371	—	—	44	37	
			(11*)	(10*)			
7	1:376,5	0,265	—	—	53	59	3)
			(15*)	(13*)			
8	1:527,1	0,189	4	—	65	47	4)
			(10*)	(10*)			
9	1:737,9	0,135	8	5	40	27	
			(11*)	(9*)			
10	1:1033,1	0,096	5	—	22	18	
			(7*)	(13*)			
К	—	—	57	119			

*Примітки:* К — контроль; \* — з сироваткою крові; 1) — чисте бактерицидне розведення за 30-хвилинної експозиції після 48-годинної інкубації; 2) — бактерицидне розведення з сироваткою крові за різної експозиції після 24 годин інкубації; 3) — чисте бактерицидне розведення за 10 хвилин експозиції після 24 годин інкубації; 4) — чисте бактерицидне розведення за 30 хвилин експозиції після 24 годин інкубації.

хвилинної експозиції — з 0,135%. За 48-годинної інкубації та 10-хвилинної експозиції відмічали прогресуючий ріст колоній починаючи вже з третього розведення, за 30 хвилинної — з другого.

Результати досліджень свідчать про 90–100% -дезінфікувальну дію щодо *S. aureus* упродовж першої доби застосування. Однак вже на другу добу дія дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти істотно понизилася. Чисте бактерицидне розведення після 24 годин інкубації за 10-хвилинної експозиції складало 1:376,5, 30 хвилинної — 1:527,1.

#### 4. ВИСНОВКИ

Метод плазмоерозійного диспергування гранул срібла з примусовою вібраційною активацією їх дає змогу одержувати седиментаційно стійкі гідрозолі із середніми розмірами дисперсної фази до 10 нм, що мають виражений бактерицидний ефект, який був підсилений у комбінації з молочною кислотою.

Розроблений дезінфектант на основі композиції молочної кислоти та розчину нанорозмірного срібла не забарвлює поверхні, не має різкого запаху, не викликає корозію металів, не горить, не окислюється, легко розчинний у воді, не є токсичним, не подразнює слизові оболонки. Для застосування срібла на поверхнях, що контактують з біологічними об'єктами, зокрема тваринами, колоїдна форма срібла є ліпшою, ніж йонна.

Дезінфікувальний засіб на основі молочної кислоти та розчину наночастинок срібла можна застосовувати у тваринництві, оскільки до його складу входять нетоксичні речовини, що доводять дослідження на *Tetrahymena pyriformis*.

На основі проведених досліджень встановлено виражену бактерицидну дію дезінфікувального засобу на основі розчину наночастинок срібла та молочної кислоти на різних тест-культурах мікроорганізмів *E. coli* та *S. aureus*.

Вказаний дезінфектант доцільно застосовувати для дезінфекції та санації технологічних і виробничих птахівничих приміщень, системи водопостачання та напування птиці, інвентарю, обладнання, а також повітря, підстилки, поверхонь тощо.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА—REFERENCES

1. Т. Р. Popova and I. Ignatov, *Bulg. J. Vet. Med.*, **26**: 168 (2023); <https://doi.org/10.15547/bjvm.2411>
2. S. Kamat and M. Kumari, *Front. Microbiol.*, **14**: 1102615 (2023); <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1102615>
3. Andrea Vila Domínguez, Rafael Ayerbe Algaba, Andrea Miry Canturri, An-

- gel Rodriguez Villodres, and Younes Smani, *Antibiotics (Basel)*, **9**: 36 (2020); <https://doi.org/10.3390/antibiotics9010036>
4. Indrajeet Kumar, Jayanta Bhattacharya, and Bidus Kanti Das, *Dispersion, Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.*, **14**: 100368 (2020); <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100368>
  5. Katarzyna Czyż, Zbigniew Dobrzański, Monika Kowalska-Gyralska, Magdalena Senze, and Anna Wyrostek, *Arch. Anim. Breed.*, **66**, Iss. 4: 421 (2023); <https://doi.org/10.5194/aab-66-421-2023>
  6. Bruno Lamas, Natalia Martins Breyner, and Eric Houdeau, *Particle Fibre Toxicol.*, **17**: Article No. 19 (2020); <https://doi.org/10.1186/s12989-020-00349-z>
  7. Amr Fouda, Goma Abdel-Maksoud, Mohamed Ali Abdel-Rahman, Salem S. Salem, Saad El-Din Hassan, and Mohamad Abdel-Haleem El-Sadany, *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, **142**: 160 (2019); <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.05.012>
  8. Gesa Carstens, Uwe Roesler, Felix Reich, and Anika Friese, *J. Food Saf.*, **44**, No. 4: e13153 (2024); <https://doi.org/10.1111/jfs.13153>
  9. J. A. Schwenker, U. Schotte, and C. S. Hölzel, *J. Dairy Sci.*, **105**, Iss. 1: 734 (2022); <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20824>
  10. A. A. Щерба, С. Н. Захарченко, К. Г. Лопатько, Н. И. Шевченко, М. О. Ломко, *Праці Інституту електродинаміки НАН України*, **26**: 152 (2010); A. A. Shcherba, S. N. Zakharchenko, K. H. Lopatko, N. Y. Shevchenko, and M. O. Lomko, *Pratsi Instytutu Ehlektrodynamiky NAN Ukrainy* [Proceedings of the Institute of Electrodynamics of the N.A.S. of Ukraine], **26**: 152 (2010) (in Ukraine).

---

<sup>1</sup>Higher Educational Institution 'Podillia State University',  
12, Shevchenko Str.,

UA-32316 Kamianets-Podilskyi, Ukraine

<sup>2</sup>National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine,  
15, Heroyiv Oborony Str.,  
UA-03041 Kyiv, Ukraine

<sup>1</sup> **TABLE 1.** Preparation of working solutions of the product based on a solution of silver nanoparticles and lactic acid.

<sup>2</sup> **TABLE 2.** Disinfection regimens with a solution of silver nanoparticles and lactic acid for disinfection of bacterial microflora on surfaces of various types of objects.

<sup>3</sup> **TABLE 3.** Effect of a disinfectant based on a solution of silver nanoparticles and lactic acid on the survival of the ciliate *Tetrahymena pyriformis*, %,  $M \pm m$ ,  $n = 5$ .

<sup>4</sup> **TABLE 4.** Bactericidal efficacy of a disinfectant based on a solution of silver nanoparticles and lactic acid under *in vitro* conditions,  $n = 3$ .

<sup>5</sup> **TABLE 5.** Results of the study of bactericidal dilution of a disinfectant based on a solution of silver nanoparticles and lactic acid against *E. coli*,  $n = 5$ .

<sup>6</sup> **TABLE 6.** Results of the study of bactericidal dilution of a disinfectant based on a solution of silver nanoparticles and lactic acid against *S. aureus*,  $n = 5$ .