

PACS numbers: 81.16.Pr, 83.80.Lz, 87.18.Hf, 87.19.xb, 87.85.Rs

Використання композиції нанорозчинів срібла та молочної кислоти для ветеринарної дезінфекції

М. Д. Кучерук, Д. А. Засєкін, Р. О. Димко

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вулиця Героїв Оборони, 15,
03041 Київ, Україна

У статті наведено результати вивчення в умовах *in vitro* антибактеріальної активності дезінфікуючого засобу на основі наночастинок срібла та молочної кислоти відносно *Escherichia coli* (штам 1257) та *Staphylococcus aureus* (штам Р-209). У ветеринарній практиці на сьогодні практично немає водночас ефективних, екологічно чистих і безпечних дезінфікуючих засобів. Альтернативою найбільш часто застосовуваним діючим речовинам сучасних дезінфікуючих препаратів можуть бути наночастинок металів, які мають антимікробні властивості. Дослідження проводилися відповідно до загальноприйнятих методик і «Рекомендацій щодо санітарно-мікробіологічного дослідження змивів з поверхонь тест-об'єктів та об'єктів ветеринарного нагляду і контролю». Засіб випробовували в концентраціях у 0,05%, 0,5%, 1%, 2% та в нерозведеному стані за 10, 30 і 60 хв. експозиції. За наявності росту *E. coli* колір середовища КОДА із зеленого змінювався на жовтий. Дані зміни спостерігалися лише в контрольному досліді. За жодної із досліджуваних експозицій і концентрацій засобу росту кишкової палички відмічено не було, оскільки середовище не змінило свій колір (залишилося зеленим). Це свідчило про те, що дезінфікуючий засіб знезаразив поверхню тест-об'єкту. Ріст золотистого стафілокока за всіх досліджуваних експозицій і концентрацій препарату також не відмічався. В контрольному досліді при помутнінні сольового м'ясопептонного бульйону 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. Таким чином, доведено, що в умовах *in vitro* ріст золотистого стафілокока та кишкової палички, за дії на них дезінфікуючого засобу на основі наночастинок срібла та молочної кислоти, відсутній.

The results of the study *in vitro* of antibacterial activity of disinfectant based on the silver nanoparticles and lactic acid with respect to *Escherichia coli* (strain 1257) and *Staphylococcus aureus* (strain P-209) are presented. In veterinary practice today practically, there are no effective, environmentally

friendly, and safe disinfectants. Alternative to the most commonly used active substances of modern disinfectants can be the nanoparticles of metals, which have antimicrobial properties. This study is carried out in accordance with generally accepted methods and 'Recommendations for Sanitary-Microbiological Study of Flushing from Surfaces of Test Objects and Objects of Veterinary Supervision and Control'. The instrument is tested in concentrations of 0.05%, 0.5%, 1%, 2% and in undiluted state at exposure of 10, 30 and 60 min. In the presence of *E. coli* growth, the colour of the medium KODA from green colour changes to yellow one. Only these changes are observed in the control study. In none of the studied exposures and concentrations of the agent, the growth of the *E. coli* is not observed, since the environment does not change its colour (remaining green one). This indicates that the disinfectant disinfects the surface of the test object. The growth of *Staphylococcus aureus* is not observed at all the study exposures and concentrations. In the control experiment, with turbidity of the salt meal-peptone broth to confirm the growth of *S. aureus*, the rinses are transferred to milk-salt agar and placed in a thermostat at 37°C for 24 hours. There is an intense growth of white-yellow viscous colonies of moderate size. Thus, it is proved that, under *in vitro* conditions, there is no growth of *Staphylococcus aureus* and *E. coli*, due to the action of disinfectant based on the silver nanoparticles and lactic acid. The investigated disinfectant exhibits an effective bactericidal action against *E. coli* and *Staphylococcus aureus*. The smallest concentration of disinfectant studied and the exposure, at which the strains of microorganisms are died, are 0.5% at 30 min.

В статье приведены результаты изучения в условиях *in vitro* антибактериальной активности дезинфицирующего средства на основе наночастиц серебра и молочной кислоты относительно *Escherichia coli* (штамм 1257) и *Staphylococcus aureus* (штамм Р-209). В ветеринарной практике сегодня практически нет эффективных, экологически чистых и безопасных дезинфицирующих средств. Альтернативой наиболее часто применяемым действующим веществам современных дезинфицирующих препаратов могут быть наночастицы металлов, обладающих антимикробными свойствами. Исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками и «Рекомендациями по санитарно-микробиологическому исследованию смывов с поверхностей тест-объектов и объектов ветеринарного надзора и контроля». Средство испытывали при концентрациях 0,05%, 0,5%, 1%, 2% и в неразбавленном состоянии при экспозиции в 10, 30 и 60 мин. При наличии роста *E. coli* цвет среды КОДА с зелёного менялся на жёлтый. Данные изменения наблюдались лишь в контрольном опыте. Ни при одной из исследуемых экспозиций и концентраций средства рост кишечной палочки отмечен не был, поскольку среда не изменила свой цвет (осталась зелёной). Это свидетельствовало о том, что дезинфицирующее средство обеззаразило поверхность тест-объекта. Рост золотистого стафилококка при всех исследуемых экспозициях и концентрациях препарата тоже не отмечался. В контрольном опыте при помутнении солевого мясо-пептонного бульона для подтверждения роста *S. aureus* смывы пересевали на молочно-солевой агар-агар и ставили в термостат при температуре 37°C на 24 ч. Появлялся интенсивный рост бело-

вато-жёлтых вязких колоний среднего размера. Таким образом, доказано, что в условиях *in vitro* рост золотистого стафилококка и кишечной палочки, при действии на них дезинфицирующего средства на основе наночастиц серебра и молочной кислоты, отсутствует.

Ключові слова: дезінфікуючий засіб, наночастинки срібла, антимікробна активність, золотистий стафілокок, кишкова паличка.

Key words: disinfectant, silver nanoparticles, antimicrobial activity, golden staphylococcus, *E. coli*.

Ключевые слова: дезинфицирующее средство, наночастицы серебра, антимикробная активность, золотистый стафилококк, кишечная палочка.

(Отримано 14 лютого 2019 р.; після доопрацювання — 25 квітня 2019 р.)

1. ВСТУП

Новітні досягнення у галузі нанотехнологій уможливають розглядати наноматеріали у найближчому майбутньому як реальну альтернативу шкідливим складним хемічним сполукам, які масово застосовуються при дезінфекції у тваринництві та птахівництві. Об'єктами досліджень ветеринарної гігієни та санітарії можуть стати метали, що характеризуються широким спектром активності — антибактеріальною, противірусною, протигрибковою, протизапальною діями [1, 2].

Срібло — мікроелемент, необхідний для нормальної діяльності залоз внутрішньої секреції, мозку, печінки, кісткової тканини тощо [3]. Одночасно срібло є потужним дезінфектантом і антисептиком. За даними вчених дія срібної води за однакових концентрацій сильніше дії хлору, хлорного вапна, гіпохлориду натрію та інших сильних окисників [4].

Колоїдне нанорозмірне срібло — продукт, що складається з мікроскопічних частинок срібла, які утворюють завис у демінералізованій і дейонізованій воді, одержується електролітичною метою. Перехід у нанорозмірний стан супроводжується зміною фундаментальних властивостей речовини. Саме з таких міркувань дослідження та застосування нанотехнологічних досягнень в усіх сферах людського життя стають все популярнішими.

Важливою також є велика відмінність у токсичності сполук срібла для нижчих форм життя (одноклітинних, бактерій, грибів, вірусів тощо) та для вищих організмів (тварин, людей) — різниця складає 100 тис.–1 млн. разів [5]. Нанорозчини срібла у концентраціях, запропонованих для дезінфекції, безпечні для тварин і людини; науковцями були проведені дослідження токсичності та кумуляції срібла у тканинах та органах при застосуванні його

у наносполуках [6, 7, 15].

Доведено, що колоїдне срібло: стимулює імунну систему [13]; пришвидшує репаративні процеси; позитивно діє на кровотворення, що виявляється у зникненні молодих форм нейтрофілів, збільшенні кількості лімфоцитів і моноцитів, еритроцитів і вмісту гемоглобіну, уповільненні осідання еритроцитів; активізує обмінні процеси; знижує токсичну дію біологічно активних речовин; збільшує антимікробну активність макрофагів і лімфоцитів [8, 9]; знешкоджує понад 1000 видів шкідливих бактерій, вірусів і грибків (спектр дії будь-якого антибіотику — лише 5–10 видів) [10, 11].

Молочна кислота — найбільш широко застосовуваний у ветеринарії препарат. Вона відноситься до ефективних засобів для дезінфекції повітряного середовища тваринницьких і птахівничих приміщень у вигляді аерозолів, обладнання й інвентарю. Крім того, за допомогою органічних кислот проводять санітарне оброблення приміщень і виробничих ліній комбікормових цехів, сховищ, транспорту з перевезення сировини та кормів [12].

Синергічне поєднання цих речовин, на нашу думку, уможливить досягти кращих результатів за мінімізації концентрацій задіяних речовин.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕТОДИКА

Випробовували у якості дезінфікуючого препарату суміш молочної кислоти (15%) та колоїдного розчину Аргентуму (у 0,2%) і води (84,8%).

Методи дослідження бактерицидної активності щодо тест-культур на тест-об'єктах. Засіб випробовували в концентраціях у 0,05, 0,5, 1,0, 2,0% та в нерозведеному стані.

Дослідження проводилися відповідно до загальноприйнятих вимог. Для проведення досліджень використовували мікробіологічно показові тест-культури *Escherichia coli* (штам 1257) та *Staphylococcus aureus* (штам 209-P).

Дезінфікуючий засіб досліджували в лабораторних умовах на тест-об'єктах. Для цього готували тест-об'єкти розміром 10×10 см з бетону. Попередньо їх очищували та стерилізували в автоклаві за температури у 120°C протягом 60 хв.

При визначенні протимікробної активності дезінфікуючого засобу на простерилізовані поверхні тест-об'єктів наносили стерильною піпеткою 1 мл однодобової культури *E. coli* та *S. aureus* із вмістом мікроорганізмів у $2 \cdot 10^9$ в 1 см³. Контаміновані тест-об'єкти залишали в горизонтальному положенні до повного висихання. Потім тест-об'єкти розміщували у кюветах горизонтально та вертикально і пульверизатором наносили на тест-об'єкти розчин досліджуваного дезінфікуючого засобу, зазначаючи при цьо-

му експозицію, концентрацію та кількість витраченого засобу. Контролем були тест-об'єкти, оброблені такою ж кількістю стерильної водопровідної води. Через зазначений проміжок часу стерильним ватним тампоном робили змиви з дослідних і контрольних тест-об'єктів. Потім з кожної з цих пробірок брали по 1 мл вихідної суспензії та вносили у відповідне середовище. Змиви з тест-об'єктів, які були контаміновані *E. coli*, висівали на середовище КОДА, а *S. aureus* — на сольовий м'ясо-пептонний бульйон (6,5% кухонної солі) і ставили на 24 год. в термостат при температурі у 37°C. Посіви переглядали через 24 і 48 годин, відслідковували наявність росту та рахували кількість колонієутворювальних одиниць (КУО). Дослід повторювали тричі.

Бактерицидну активність дезінфікуючого засобу в лабораторних умовах визначали за наявністю чи відсутністю росту мікрофлори на поверхнях досліджуваних тест-об'єктів.

Засіб, який виявився ефективним у лабораторних умовах, може бути рекомендований для подальшого вивчення.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

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

Для приготування розчинів необхідної концентрації змішували складники в об'ємах, зазначених у табл. 1.

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 спостерігалися при досліджуваній концентрації засобу у 0,05% срібла та 4% молочної кислоти в засобі та порівнювали з контрольною пробою. В жодній із інших досліджуваних експозицій і концентрацій засобу росту кишкової палички відмічено не було, оскільки середовище не змінило свій колір (залишилось зеленим). Це свідчило про те, що дезінфікуючий засіб знезаразив поверхню тест-об'єкту (табл. 2).

Ріст золотистого стафілокока в сольовому м'ясо-пептонному бульйоні спостерігали також лише при досліджуваній концентрації у 0,05% срібла у засобі й у контрольному зразку. При помутнінні сольового м'ясо-пептонного бульйону для підтвердження росту *S. aureus* змиви пересівали на молочно-сольовий агар і ставили в термостат при температурі у 37°C на 24 год. З'являвся інтенсивний ріст білувато-жовтих в'язких колоній середнього ро-

ТАБЛИЦЯ 1. Приготування робочих розчинів дезінфікуючого засобу на основі наночастинок срібла та молочної кислоти.¹

Концентрація розчину (%) за засобом	Кількість інгредієнтів (мл), необхідна для приготування:			
	1 л робочого розчину		10 л робочого розчину	
	Засіб	Вода	Засіб	Вода
0,1	1,0	999,0	10,0	9990,0
0,3	3,0	997,0	30,0	9970,0
0,5	5,0	995,0	50,0	9950,0
1,0	10,0	990,0	100,0	9900,0
2,0	20,0	980,0	200,0	9800,0
3,0	30,0	970,0	300,0	9700,0

зміру.

В усіх інших досліджуваних експозиціях та концентраціях засобу росту не було.

Таким чином, було встановлено, що досліджуваний засіб про-

ТАБЛИЦЯ 2. Бактерицидна ефективність дезінфікуючого засобу на нові наночастинок срібла та молочної кислоти в умовах *in vitro*; $n = 3$.²

Досліджувана концентрація розчину	Ефективність застосування різних концентрацій при різних експозиціях		
	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 водопровідна 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.

являє ефективну бактерицидну дію щодо *Escherichia coli* та *Staphylococcus aureus*. Найменша досліджувана експозиція та концентрація дезінфікуючого засобу, при якій загинули штами мікроорганізмів, становить 0,5% при 30 хв.

Вивчали також бактерицидне розведення дезінфікуючого засобу на основі наночастинок срібла та молочної кислоти щодо тест-культури *E. coli*.

За 48 год. інкубації і 10 хв. експозиції відмічали прогресуючий ріст колоній, починаючи вже з першого розведення, за 30-хвилинної — з другого.

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%.

Одержані результати свідчать про 90–100%-дезінфікуючу дію щодо *E. coli* протягом першої доби застосування. Однак вже на другу добу дія дезінфікуючого засобу на основі 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 з концентрацією у 0,371% (табл. 3).

Наступним етапом наших досліджень було вивчення бактерицидного розведення дезінфікуючого засобу на основі наночастинок срібла та молочної кислоти щодо тест-культури *S. aureus*.

Проведеними дослідженнями, за розведення дослідного засобу у 1:50 і нижче, реєстрували ріст колоній, який залежав від концентрації досліджуваної речовини.

За даними табл. 4, після 24 годинної інкубації за 10-хвилинної експозиції відмічали прогресуючий ріст колоній, починаючи з концентрації засобу у 0,189%, у той час як за 30-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%-дезінфікуючу дію щодо *S. aureus* протягом першої доби застосування. Однак вже на другу добу дія дезінфікуючого засобу на основі 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.

Отже, комплекс речовин з різними хемічними властивостями та дією можна віднести до категорії засобів з антимікробною дією проти грам-позитивних та грам-негативних бактеріальних форм. Поєднання розчинів органічної (молочної) кислоти з розчином наночастинок срібла дає синергічне підсилення дії за рахунок різноспрямованих механізмів впливу на бактеріальну клітину.

4. ВИСНОВКИ

Дезінфікуючий засіб на основі наночастинок срібла та молочної кислоти у 0,5% концентрації за експозиції у 30 хв. має ефективні бактерицидні властивості щодо *S. aureus* і *E. coli*. Випробований дезінфектант може застосовуватися при проведенні ветеринарно-санітарних заходів на тваринницьких фермах та переро-

ТАБЛИЦЯ 3. Результати вивчення бактерицидного розведення дезінфікуючого засобу щодо *E. coli*; $n = 5$.³

№	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	1)
2	1:70	1,428	—	—	15	10	
3	1:98	1,020	—	—	22	29	
4	1:137,2	0,728	— (8*)	— (5*)	42	37	
5	1:192,1	0,520	— (11*)	— (10*)	64	75	2)
6	1:268,9	0,371	— (15*)	— (13*)	127	83	
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	
11	1:1464,3	0,068	74	65	316	290	
12	1:2024,8	0,049	173	146	354	311	
13	1:2834,7	0,035	217	198	469	356	
14	1:3968,6	0,025	231	210	517	479	
15	1:5566,0	0,0178	303	267	609	551	
К	—	—	389	682			

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

бних підприємствах. Його можна використовувати для очищення води та знищення хвороботворних мікроорганізмів у водогонах, фільтрах, водонапірних баштах тощо.

ТАБЛИЦЯ 4. Результати вивчення бактерицидного розведення дезінфікуючого засобу на основі наночастинок срібла та молочної кислоти щодо *S. aureus*; $n = 5$.⁴

№ 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	— (6*)	— (5*)	22	29	
6	1:268,9	0,371	— (11*)	— (10*)	44	37	
7	1:376,5	0,265	— (15*)	— (13*)	53	59	3)
8	1:527,1	0,189	4 (10*)	— (10*)	65	47	4)
9	1:737,9	0,135	8 (11*)	5 (9*)	40	27	
10	1:1033,1	0,096	5 (7*)	— (13*)	22	18	
11	1:1464,3	0,068	10	12	112	86	
12	1:2024,8	0,049	15	19	54	51	
13	1:2834,7	0,035	36	58	69	56	
14	1:3968,6	0,025	30	19	117	89	
15	1:5566,0	0,0178	33	55	161	149	
К	—	—	57	119			

Примітки: К — контроль; * — з сироваткою крові; 1) — чисте бактерицидне розведення за 30 хв. експозиції після 48 год. інкубації; 2) — бактерицидне розведення з сироваткою крові за різної експозиції після 24 год. інкубації; 3) — чисте бактерицидне розведення за 10 хв. експозиції після 24 год. інкубації; 4) — чисте бактерицидне розведення за 30 хв. експозиції після 24 год. інкубації.

На відміну від хемічно синтезованих складників дезінфектантів, залишки яких можуть спричиняти токсичну дію, потрапляючи в організм людини і тварин, дезінфектант на основі молочної кислоти та наночастинок срібла є натуральним і безпечним.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Е. В. Золотухина, Б. А. Спиридонов, В. И. Федянин, *Сорбционные и хроматографические процессы*, **10**, вып. 11: 78 (2010).
2. Л. А. Кульський, Л. В. Григор'єва, А. М. Касьяненко та ін., *Доповіді АН УРСР. Серія В: Хімія, біологія і медицина*, **4** (1987).
3. A. Burd, *Nano Silver: Environmental Health Effects. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (2018); doi: [10.1016/B978-0-12-409548-9.11732-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11732-4).
4. В. Л. Коваленко, *Міжвідомчий тематичний науковий збірник УААН «Ветеринарна медицина»*, **93**: 215 (2010).
5. В. О. Маланчук, З. Р. Ульберг, А. В. Рибачук та ін., *Журнал НАМН України*, **18**, №3: 384 (2012).
6. J. Liu, D. A. Sonshine, and R. H. Hurt, *2010 AIChE Annual Student Conference (7–12 November, 2010, Salt Lake City, Utah, USA)*; J. Liu, D. A. Sonshine, S. Shervani, and R. H. Hurt, *American Chemical Society Nano*, **4**, No. 11: 6903 (2010).
7. С. В. Шуляк, Д. А. Засекін, К. Г. Лопатько, *Сучасне птахівництво*, **2**, №135: 25 (2014).
8. Ф. В. Баллюзек, А. С. Куркуев, В. Я. Сквирский, *Лечебное серебро и медицинские нанотехнологии* (Москва: Диля: 2008).
9. З. Бернавски, *Коллоидное серебро — натуральный заменитель антибиотиков* (Москва: Корал Клаб: 1999).
10. Chi-Yea Yang, Yu-Hsin Kao, and Tan-Yi Huang, *2008 8th IEEE Conference on Nanotechnology*; doi:[10.1109/nano.2008.266](https://doi.org/10.1109/nano.2008.266).
11. D. A. Zasiakin, M. D. Kucheruk, V. V. Melnyk, R. O. Dymko, *Сучасне птахівництво*, **5–6**: 35 (2017).
12. В. В. Отченашко, *Науково-практичні рекомендації використання молочної кислоти у тваринництві* (Київ: 2012).
13. Н. Н. Вольский, В. И. Селедцов, Г. Ю. Любимов, *Коллоидное серебро. Физико-химические свойства. Применение в медицине* (Новосибирск: 1992) (Препринт/Сиб. отд. РАН. Институт катализа им. Г. К. Борескова. №1, 1992), с. 31–52.
14. М. Д. Кучерук, Д. А. Засекін, *Ukrainian Journal of Ecology*, **7**, №1: 71 (2017); doi:[10.15421/201710](https://doi.org/10.15421/201710).
15. I. Sondi and B. Salopek-Sondi, *Journal of Colloid and Interface Science*, **275**, No. 1: 177 (2004); doi: [10.1016/j.jcis.2004.02.012](https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.02.012).

REFERENCES

1. E. V. Zolotukhina, B. A. Spiridonov, and V. I. Fedyanin, *Sorbtsionnyye i Khromatograficheskie Protssesy*, **10**, No. 11: 78 (2010) (in Russian).

2. L. A. Kul'skyi, L. V. Hryhorieva, A. M. Kasiyanenko et al., *Dopovidi AN URSR. Seriya B: Khimiia, Biologiia i Medytsyna*, **4** (1987).
3. A. Burd, *Nano Silver: Environmental Health Effects. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (2018); doi: [10.1016/B978-0-12-409548-9.11732-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11732-4).
4. V. L. Kovalenko, *Mizhvidomchyy Tematychnyy Naukovyy Zbirnyk UAAN 'Veterynarna Medytsyna'*, **93**: 215 (2010) (in Ukrainian).
5. V. O. Malanchuk, Z. R. Ulberg, A. V. Rybachuk et al., *Zhurnal NAMN Ukrainy*, **18**, No. 3: 384 (2012) (in Ukrainian).
6. J. Liu, D. A. Sonshine, and R. H. Hurt, *2010 AIChE Annual Student Conference (7–12 November, 2010, Salt Lake City, Utah, USA)*; J. Liu, D. A. Sonshine, S. Shervani, and R. H. Hurt, *American Chemical Society Nano*, **4**, No. 11: 6903 (2010).
7. S. V. Shuliak, D. A. Zasiakin, and K. H. Lopatko, *Suchasne Ptakhivnytstvo*, **2**, No. 135: 25 (2014).
8. F. V. Ballyuzek, A. S. Kurkuev, and V. Ya. Skvirskiy, *Lechebnoe Srebro i Meditsinskie Nanotekhnologii* (Moscow: Dilya: 2008) (in Russian).
9. Z. Bernavski, *Kolloidnoye Srebro — Natural'nyy Zamenitel' Antibiotikov* (Moscow: Koral Klab: 1999) (in Russian).
10. Chi-Yea Yang, Yu-Hsin Kao, and Tan-Yi Huang, *2008 8th IEEE Conference on Nanotechnology*; doi:[10.1109/nano.2008.266](https://doi.org/10.1109/nano.2008.266).
11. D. A. Zasiakin, M. D. Kucheruk, V. V. Melnyk, and R. O. Dymko, *Suchasne Ptakhivnytstvo*, **5–6**: 35 (2017).
12. V. V. Otchenashko, *Naukovo-Praktychni Rekomendatsii Vykorystannya Molochnoi Kysloty u Tvarynnystvi* (Kyiv: 2012).
13. N. N. Vol'skiy, V. I. Seledtsov, and G. Yu. Lyubimov, *Kolloidnoe Srebro. Fiziko-Khimicheskie Svoistva. Primenenie v Medicine. Preprint No. 1* (Novosibirsk: 1992) (Sib. Otd. RAN. Institut Kataliza im. G. K. Boreskova. No. 1, 1992), p. 31–52 (in Russian).
14. M. D. Kucheruk and D. A. Zasekin, *Ukrainian Journal of Ecology*, **7**, No. 1: 71 (2017); doi:[10.15421/201710](https://doi.org/10.15421/201710) (in Russian).
15. I. Sondi and B. Salopek-Sondi, *Journal of Colloid and Interface Science*, **275** No. 1: 177 (2004); doi: [10.1016/j.jcis.2004.02.012](https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.02.012).

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
15, Heroes of the Defence Str.,
UA-03041 Kyiv, Ukraine

¹ **TABLE 1.** Preparation of working solutions of disinfectant based on silver nanoparticles and lactic acid.

² **TABLE 2.** Bactericidal effectiveness of disinfectant based on silver nanoparticles and lactic acid *in vitro*; $n = 3$.

³ **TABLE 3.** Results of bactericidal dilution of a disinfectant for *E. coli*; $n = 5$.

⁴ **TABLE 4.** Results of bactericidal dilution of disinfectant based on silver nanoparticles and lactic acid relative to *S. aureus*; $n = 5$.