

Міністерство освіти і науки України  
Миколаївський національний аграрний університет

БОРДУНОВА ОЛЬГА ГЕОРГІЇВНА

УДК 635.21:631.442./4+633

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОЇ  
ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДІНКУБАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЯЄЦЬ КУРЕЙ

06.02.04 – технологія виробництва продуктів тваринництва

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора сільськогосподарських наук

Миколаїв – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Сумському національному аграрному університеті (СНАУ) Міністерства освіти і науки України.

**Науковий консультант** доктор ветеринарних наук, професор **Чорний Микола Васильович**, Харківська державна зооветеринарна академія, завідувач кафедри гігієни тварин та ветеринарної санітарії

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук, професор **Бреславець Віталій Олексійович**, ННЦ Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини, головний науковий співробітник

доктор сільськогосподарських наук, професор **Іванов Володимир Олександрович**, Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України, старший науковий співробітник

доктор сільськогосподарських наук, професор **Патрева Людмила Семенівна**, Миколаївський національний аграрний університет, завідувач кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції

Захист відбудеться «24» березня 2016 р. о 10<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 38.806.02 у Миколаївському національному аграрному університеті за адресою: 54020 м. Миколаїв, вул. Генерала Карпенка, 73, аудиторія 227.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Миколаївського національного аграрного університету за адресою: 54020, м. Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9.

Автореферат розісланий «23» лютого 2016 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

С.І. Луговий

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Виробництво продуктів птахівництва є однією з найважливіших складових світового та вітчизняного агропромислового комплексу і його важко переоцінити з позицій внеску у продовольчу безпеку. Реалізація основних напрямів державної політики в галузі забезпечення якості і підвищення конкурентоздатності продукції птахівництва визначається розробкою і впровадженням нових технологій, що дозволяють отримати якісну, екологічно-безпечну продукцію. Широке розповсюдження в птахогосподарствах України курей сучасних високопродуктивних яєчних кросів, переважно зарубіжної селекції, призводить до появи негативних наслідків. Так, однією з важливих проблем, яку необхідно розв'язати, є розробка заходів для запобігання погіршення якості інкубаційних яєць і, як наслідок, зниження виводимості яєць, яке притаманне сучасним яєчним кросам, зокрема тим, що відзначаються «надшвидким ростом». Погіршення якісних показників пов'язане, насамперед, з порушенням морфолого-біохімічних параметрів захисних біокерамічних структур яєць – шкаралупи і шкаралупних мембран, що призводить до бою яєць, підвищення відходу і контамінації інфекційними агентами молодняку птиці, зниження показників імунної резистентності, що у свою чергу, погіршує якісні показники продукції і завдає збитків птахогосподарствам, а також вимагає постійного удосконалення інкубаційних технологій (А. Б. Байдевятов, 1997; В. І. Фісінін, 1999; І. Лупу, 1999; D. C. Deeming, 2002; М. С. Козій, 2003; G. Fasenko, 2003; В. О. Іванов, 2004-2005; Б. Т. Стегній, 2005; В. О. Бреславець, 2006).

Наведені негативні тенденції в сучасному племінному птахівництві потребують використання принципово нових підходів для їх подолання. Зокрема, один з перспективних напрямків полягає в удосконаленні існуючих і розробці нових технологій інкубації за біоміметичним (*biomimetics*, від *bios* – життя, *mimesis* – подібність) принципом, базовою основою якого є імітування природних структур клітин, органів, тканин за допомогою натуральних та штучних складових з метою досягнення максимального рівня подібності структурно-функціональних характеристик штучних об'єктів до природних (А. С. Fraser, 1998; L. F. Hatten, 2000; С. Jimenez-Lopez, 2003; Н. К. No, 2005; P. Dalbeck, 2006; O. Wellman-Labadie, 2008). Так, яскравим прикладом біоміметичної технології є технологія «штучної кутикули» («*ARTificial cutiCLE*» *ARTICLE*) для інкубаційних яєць, яка полягає в утворенні на поверхні яйця штучної захисної плівки, подібної за структурно-функціональними параметрами до природної кутикули пташиних яєць (М. Т. Hincke, 2000; J. L. Arias, 2007; С. Caner, 2008; L. D'Alba, 2014). Захисна плівка являє собою полікомпонентне покриття для відновлення та посилення бар'єрних властивостей біокерамічних структур шкаралупи і шкаралупних мембран, якому притаманна біоцидна (антибактеріальна та антивірусна) активність, а також здатність оптимізувати газообмін ембріонів

протягом інкубації та поліпшувати процеси обміну речовин ембріона і якість молодняка птиці.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота, виконана протягом 1998-2015 рр., є частиною комплексних програм науково-дослідних робіт Сумського національного аграрного університету: «Розробка, впровадження та еколого-економічна оцінка сучасних ветеринарно-санітарних заходів в птахівництві України» (державний реєстраційний номер – 0199U000548, 1999-2001 рр.), «Розробка захисної штучної кутикули для інкубаційних яєць: біохімічні та біофізичні аспекти» (державний реєстраційний номер – 0102U007421, 2002-2006 рр.); «Створення бази даних «Метаболічні параметри яєць курей» для удосконалення технології виробництва продуктів птахівництва в Україні» (державний реєстраційний номер – 0107U007962, 2007-2010 рр.), «Розробка теоретичних і експериментальних засад конструювання «штучної кутикули» (*NANOARTICLE*) для захисту інкубаційних яєць» (державний реєстраційний номер – 0107U007961, 2007-2010 рр.), «Використання технології «штучна кутикула» (*NANOARTICLE*) у птахівництві за екстремальних умов довкілля» (державний реєстраційний номер – 0112U003126, 2012-2015рр.).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи були теоретичне обґрунтування та розробка інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць курей з використанням створених за біоміметичним принципом захисних покриттів «штучна кутикула» для підвищення виводимості яєць та збереженості молодняка птиці.

Для виконання поставленої мети вирішували наступні завдання:

— вивчити дію негативних чинників на структурні, біохімічні, біофізичні і фізіологічні характеристики біокерамічного захисного шару яєць курей різних порід та яєчних кросів;

— розробити інструментальний спосіб для швидкого та непрацемісткого визначення залишкових кількостей антибіотиків в інкубаційних яйцях курей;

— піддати аналізу існуючі технології інкубації яєць курей сучасних високопродуктивних кросів на основі оцінки впливу стану біокерамічного захисного шару яєць на параметри ембріогенезу і якісні показники молодняка птиці;

— розробити та обґрунтувати теоретичні основи конструювання за біоміметичним принципом «штучної кутикули» – препарату для передінкубаційної обробки яєць курей на основі хіміко-біологічних процесів утворення на поверхні яйця захисної газопроникної плівки, до складу якої входять носій-матриця (екологічно безпечний біополімер хітозан), ультра-, нанодисперсні частки оксидів металів, що зумовлюють високоєфективне окислення органічних речовин ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) та біоцидні пероксидні сполуки (надоцтова кислота, пероксид водню);

— розробити методи формування на поверхні біокерамічного захисного шару інкубаційних яєць покриття «штучна кутикула»;

— удосконалити існуючі технології інкубації яєць курей сучасних високопродуктивних кросів на основі використання в якості ключової ланки покриття «штучна кутикула» відповідного хімічного складу;

— сформуванню концепцію сучасної інноваційної технології інкубації яєць курей з використанням екологічно-безпечного захисного покриття «штучна кутикула» для захисту ембріонів від негативних чинників біотичного та абіотичного походження;

— провести виробничі перевірки та розробити пропозиції виробництву.

*Об'єкт дослідження* – процес розробки технології передінкубаційної обробки яєць з використанням біоміметичного принципу «штучна кутикула».

*Предмет дослідження* – виводимість яєць, збереженість молодняку курей за умов використання різних складових захисного покриття «штучна кутикула», біохімічні показники крові та резистентності організму птиці, біоцидна активність композиції «штучна кутикула», структурні, біохімічні, біофізичні і фізіологічні характеристики біокерамічного шару інкубаційних яєць курей за норми та при порушенні технологічних процесів вирощування птиці, корозійна активність складових препаратів «штучна кутикула».

**Методи дослідження:** технологічні (дослідження існуючих та розробка нових технологій інкубації яєць з використанням методів дезінфекції на основі використання «штучної кутикули»), зоогігієнічні (параметри мікроклімату приміщень), ембріологічні, морфологічні, біохімічні (показники крові), імунологічні (показники неспецифічного імунітету), токсикологічні (ступінь токсичності та нешкідливості препаратів), мікологічні (чутливість мікроміцетів родів: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* до дезінфікуючих засобів), бактеріологічні (дія біоцидних складових «штучної кутикули» стосовно *S. aureus*, *E. coli*), фізико-хімічні (мас-спектрометрія, просвічуюча та растрова електронна мікроскопія, полярографічне визначення кисню, рентгенівська дифракція), комп'ютерна обробка цифрових зображень, статистичні методи.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше:

— розроблено та науково обґрунтовано концепцію використання інноваційної конкурентоспроможної технології інкубації яєць курей на основі принципово нового підходу до захисту інкубаційних яєць;

— в технології інкубації яєць курей запропоновано до використання екологічно безпечну речовину природного походження хітозан для створення на поверхні шкаралупи захисної біоцидної газопроникної плівки, яка позитивно впливає на розвиток ембріона курей та забезпечує підвищення виводимості яєць і збереженості курчат;

— сконструйовано, створено та впроваджено у практику біоміметичну технологію «штучна кутикула» на основі хітозану, пероксидних сполук і каталітично-активних ультра-, нанодисперсних часток оксидів заліза і титану для захисту інкубаційних яєць курей від несприятливих для розвитку ембріонів біогенних та абіогенних чинників; розроблені експериментальні методи формування на поверхні шкаралупи природного біокерамічного захисного шару інкубаційних яєць біоміметичного покриття «штучна кутикула»;

— розроблено та запропоновано мас-спектрометричний спосіб визначення антибіотиків у інкубаційних та харчових яйцях.

Удосконалено методичні підходи для аналізу біокерамічних захисних структур яєць з використанням сучасних фізико-хімічних і комп'ютерних методів; експериментально доведено, що хімічний склад «штучної кутикули» має бути коригованим залежно від порід і кросів курей, а також стану здоров'я птиці.

Поглиблено теоретичні знання щодо біологічних особливостей захисного біокерамічного шару яєць курей залежно від їх належності до породи чи кросу, умов утримання курей-несучок та інкубації яєць.

Набули подальшого розвитку дослідження щодо аналізу структурних, біохімічних, біофізичних і фізіологічних параметрів біокерамічного захисного шару яєць курей сучасних високопродуктивних яєчних кросів за норми і порушень технологічних процесів їх вирощування.

За результатами досліджень одержано вісім патентів на винахід.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати науково-дослідницької роботи впроваджено у практику ВАТ Птахорадгосп «Мирний» Сумського району Сумської області (акти від 25.05.2006 р.; 23.11.2006 р.), ТОВ «Буринський інкубатор» Буринського району Сумської області (26.05.2005 р.), ВАТ Племптахорадгосп «Посульський» с м т Недригайлів Сумської області (довідка від 02.10.2003 р.), ВАТ «Птахогосподарство ім. Путивльських партизан» Путивльського району Сумської області (довідка від 04.07.2003 р.), фермерського господарства «Князівське» Білопільського району Сумської області (акт від 17.09.2006 р.), ТОВ «Колос АгроТрейд» Конотопського району Сумської області (акт від 18.03.2006 р.), ФОП «Яровой В.І.» Сумського району Сумської області (акт від 20.08.2014 р.), ТОВ «Авіс-Україна» Сумського району Сумської області (акт від 26.04.2015 р.), ДПДГ АФ «Лосинівська» Ніжинського району Чернігівської області (акт від 25.10.2011 р.), ППУП «Якимовичі-Агро» Калинковичського району Гомельської області (акт від 11.06.2015 р.) та сільськогосподарського унітарного підприємства «Дудичі-Агро» Калинковичського району Гомельської області Республіки Білорусь (акт від 12.05.2015 р.).

Основні положення дисертації використовуються в навчальному процесі за спеціальностями 6.090102 і 8.09010201 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 6.110101 «Ветеринарна медицина» при викладанні професійно-орієнтованих дисциплін «Ветсанекспертиза м'яса», «Гігієна тварин», «Біотехнологія», «Клінічна біохімія» у Сумському національному аграрному університеті (акт від 25.05.2015 р.).

На підставі проведених досліджень і отриманих результатів підготовлено і запропоновано до впровадження сім методичних розробок: науково-практичні рекомендації, затверджені Науково-методичною радою Державного комітету ветеринарної медицини України (протокол № 2 від 25.12.2008 р.); дві науково-практичні рекомендації, затверджені Науково-методичною радою колегії Головного управління ветеринарної медицини в Сумській області (протокол № 2 від 19.04.2013 р.); науково-практичні рекомендації затверджені

Державним департаментом ветеринарної медицини Міністерства агропромислового комплексу України (від 22.12.1999 р.); три науково-практичні рекомендації, затверджені вченою радою Сумського державного аграрного університету (протокол № 9 від 29.06.1998 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем самостійно розроблено програму досліджень, проведено аналіз і узагальнення матеріалу, виконані експериментальні, аналітичні роботи, статистичні обробки отриманих результатів. Автор особисто здійснила аналіз літератури за темою дисертаційної роботи, теоретично обґрунтувала та експериментально підтвердила наукову концепцію та її напрямки, вперше створила новітню технологію передінкубаційної обробки яєць «штучна кутикула», розробила та удосконалила інструкції, схеми, методики щодо проведення передінкубаційної обробки яєць, здійснила експериментальні дослідження в лабораторних і виробничих умовах, проаналізувала та узагальнила одержані результати, сформулювала висновки та рекомендації для практичного застосування розробленої технології «штучна кутикула» в умовах птахівничих господарств. Автором самостійно виконано весь обсяг експериментальної частини роботи (за винятком імунологічних, біофізичних та біохімічних досліджень, які проводилися сумісно зі співробітниками центральної міської лікарні м. Суми, відділів №20 і №30 Інституту прикладної фізики НАН України, м. Суми), особисто проведено аналіз цифрових зображень електронних мікрофотографій, а також узагальнення результатів досліджень. Здобувач здійснила ряд аналітичних досліджень, частину із яких було проведено спільно з іншими науковцями, за що висловлює їм глибоку вдячність. Результати проведених досліджень опубліковано зі співавторами.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи представлені на II Українській конференції з птахівництва (Борки, 1996 р.), на міжнародній науково-практичній конференції «14-th International Mass Spectrometry Conference» (Tampere, Finland. – Ту, 1997), на міжнародній науково-практичній конференції «11-th European Symposium on Water fowl» (NANTES, France, 1997), на міжнародній науково-практичній конференції «10-th European Poultry Conference «The poultry Industry Towards 21<sup>st</sup> Century» (Jerusalem, Israel, 1998), на 1 Всеросійській науково-методичній конференції ветеринарної фармакології і токсикології (Київ, 1998 р.), на міжнародній науково-практичній конференції «Quality of Eggs and Eggs Products» (Proceedings of the European Symposium held in Bologna, Italy, 1999), на Міжнародній науково-практичній конференції «Научно-прикладные аспекты состояния и перспективы развития животноводства и ветеринарной медицины» (Курск, 2001 г.), на науково-практичній конференції «Проблеми становлення галузі тваринництва в сучасних умовах» (Вінниця, 2005 р.), на 2-му з'їзді українського товариства клітинної біології (Київ, 2007 р.), на міжнародній конференції «Нанорозмірні системи. Будова-властивості-технології» (Київ, 2007 р.), на V Міжнародній конференції «Птахівництво-2009» (Судак, 2009 р.), на міжнародній конференції «Nanobiophysics: Fundamental and Applied aspects» NBP-2009» (ФТІНТ ім.

Б. І. Веркіна НАН України, Харків, 2009 р.), на міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Молодежь и инновации – 2009», присвяченій 170 – річниці УОБГСХФ, (Горки, Республіка Білорусь, 2009 р.), на міжнародній науково-практичній конференції «Зоотехнічна наука Поділля: історія, проблеми, перспективи» (Кам'янець-Подільський, 2010 р.), на міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Молодежь и инновации – 2013» (Горки, Республіка Білорусь, 2013 р.), на 2-й Міжнародній науково-практичній конференції «Нанотехнології і наноматеріали» (Львів, 2014 р.), на міжнародних та щорічних науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу СНАУ (Суми, 1996-2014 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації видано 75 публікацій, у тому числі чотири монографії, з них три у співавторстві; 30 статей у фахових виданнях, чотири з яких зареєстровані в науково-метричних базах (дві – в науково-метричній базі *Scopus*); п'ять статей у періодичних виданнях інших держав; 16 – у матеріалах та тезах конференцій, з яких сім – у матеріалах конференцій інших держав; 10 статей у наукових періодичних виданнях суміжних галузей науки. За темою дисертації одержано вісім патентів України. Опубліковано сім методичних рекомендацій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 385 сторінках комп'ютерного тексту і включає: вступ, огляд літератури за темою та вибір напрямів досліджень, загальну методику й основні методи досліджень, результати експериментальних досліджень (чотири розділи), аналіз та узагальнення результатів досліджень, висновки. Дисертаційна робота містить 49 таблиць, 55 рисунків, дев'ять додатків. Список літератури нараховує 560 джерел, у тому числі 390 іноземних.

## **ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Розділ включає п'ять підрозділів, у яких висвітлено сучасні уявлення про особливості технології інкубації яєць курей, проаналізовано та узагальнено методи передінкубаційної обробки яєць, що базуються на різних фізико-хімічних чинниках. Більшість з цих методів є працемісткими, складними в технологічному аспекті, мають високу вартість, спричиняють негативний вплив на ембріони протягом інкубації, або канцерогенну й алергенну дію на працівників інкубаторію (А. Б. Байдевлятов, 1997; D. C. Deeming, 2000-2002; G. Fassenko, 2003). Підставою для проведення дослідження були сучасні тенденції щодо розробок нових технологій у птахівництві з використанням біоміметичних підходів, які передбачають імітування захисних природних структур пташиних яєць за допомогою нетоксичних та недорогих речовин штучного походження (J. M. Davis, 2009; L. D'Alba, 2014).

## **ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Дослідження були проведені в 1998-2014 рр. у птахогосподарствах Сумської, Чернігівської областей та в Республіці Білорусь, а також у



Проблемній лабораторії кафедри терапії, фармакології і клінічної діагностики СНАУ, у бактеріологічному відділі облетлабораторії (м. Суми) та Інституті прикладної фізики НАН України (м. Суми). Біохімічні дослідження проводили на кафедрі біохімії та біотехнології СНАУ та у клінічній лабораторії Центральної міської лікарні м. Суми, за допомогою класичних методів біохімічних та імунологічних досліджень та на клінічному біохімічному аналізаторі LabLine-0,16 (LabLine, Австрія).

Досліди проводили згідно схеми, представленої на рис. 1, в три етапи.



Рис. 1. Загальна схема досліджень

В роботі використовували інкубаційні яйця курей (Домінант бурий Д-102; Хайсекс браун; Шейвер 579; Ломан браун; Беларусь-9; Леггорн білий; Полтавські глинясті, Род-айленд червоний, Бірківська барвіста, Російські білі, Російські білі помісні (15-20-40 тижні яйцекладки), одержані від птиці, яку утримували відповідно до загальноприйнятих норм утримання та годівлі. Поживна і енергетична цінність раціонів відповідали рекомендаціям ВНДІТІП (1998).

На першому етапі досліджували структурні, біохімічні, біофізичні і фізіологічні характеристики біокерамічного шару інкубаційних яєць курей за норми та при порушенні технології вирощування птиці.

Досліджували напрямки та рівні впливу на захисні біокерамічні структури інкубаційних яєць негативних чинників, що виникають під час порушень умов утримання і годівлі курей-несучок різних порід і кросів, а саме: стресових факторів, патогенів бактеріальної, вірусної та грибової природи тощо. Вивчали наслідки впливу на яйця несприятливих чинників, що викликають порушення структурних і фізіологічних параметрів шкаралупи інкубаційних яєць, що, в свою чергу, призводить до порушень обміну речовин у яйцях, а, внаслідок цього, до зниження виводимості та збереженості молодняка, рівня резистентності.

Другим етапом досліджень була розробка теоретичних та прикладних основ технології конструювання «штучної кутикули» для керування структурними і фізіологічними характеристиками біокерамічного захисного шару яєць курей у сучасних технологіях інкубації. Спочатку дослідили існуючі технології передінкубаційної обробки курячих яєць. Вивчали дію класичних препаратів для передінкубаційної обробки яєць курей на морфологічні і функціональні параметри шкаралупи та на розвиток ембріонів курей. У подальшому розробляли покриття «штучна кутикула» на основі четвертинних амонієвих сполук з додаванням пероксидів, рослинних екстрактів, оксидів металів та методів нанесення даних препаратів на інкубаційне яйце. Наступні досліді були присвячені розробці нової технології передінкубаційної обробки яєць курей за біоміметичним принципом з використанням екологічно чистої речовини – хітозану. Досліджували дію складових «штучної кутикули» на основі хітозану на біохімічні та біофізичні параметри шкаралупи яєць курей, а також на розвиток ембріонів. Враховували виводимість яєць та збереженість курчат.

На третьому етапі досліджень було проведено виробничу перевірку використання «штучної кутикули» на основі сполук четвертинного амонію та хітозану. Вивчено вплив названих технологій передінкубаційної обробки «штучна кутикула» на виводимість яєць та збереженість молодняка курей. Досліджено корозійну активність препарату на основі хітозану щодо металів (алюмінію та нержавіючої сталі) та кількість залишків «штучної кутикули» на поверхнях обладнання інкубаторію. Розраховано економічну ефективність від застосування інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць курей.

Інкубацію проводили в інкубаторі «Універсал 55» за нормами згідно з методичним посібником («Інкубація яєць сільськогосподарської птиці», 2001). Всього було оброблено і проінкубовано 1,5 млн шт. яєць.

Структурні характеристики шкаралупи досліджували скануючою електронною мікроскопією (растрові електронні мікроскопи мікроаналізатори «РЕММА-102», «РЕМ-106і», ВАТ «SELMІ», Суми, Україна). Кристалічну структуру шкаралупи яєць вивчали методом рентгенівської дифрактометрії в ІПФ НАН України (ДРОН-4-07 (НВП «Буревестник», РФ). Використовували такі види біологічної м'якоіонізаційної мас-спектрометрії: часопрольотна

плазмено-десорбційна мас-спектрометрія з іонізацією уламками поділу  $^{252}\text{Cf}$  (PDMS) (мас-спектрометр біохімічний «МСБХ», ВАН «SELMI»), мас-спектрометрія з бомбардуванням прискореними атомами (FAB-MS) «MI-1201» (ВАН SELMI) і мас-спектрометрія з іонізацією електророзпилюванням (ESI-MS) («Mariner», США). Ступінь проникності біокерамічних шарів шкаралупи щодо модельної газової суміші, яка є ідентичною атмосферному повітрю, вивчали класичним та мас-спектрометричним методом (газовий мас-спектрометр «MX 7304A», ВАН «SELMI»). Проникність захисних біокерамічних структур яєць щодо газової фази повітря проводили мас-спектрометричним методом з використанням штучних кальцитних мембран, отриманих за методом J.Dominguez-Vera et al. (2006). Процеси дифузії складових «штучної кутикули» в біокерамічних шарах шкаралупи моделювали з використанням пакету програм гідродинамічного моделювання «Flow Science Flow 3D 7.7p». Цифрові зображення біокристалічних шарів обробляли за допомогою пакетів програм Photoshop 6.0 (Adobe, 2001), Digimizer та Visilog 6.11 (Noesis, 2000).

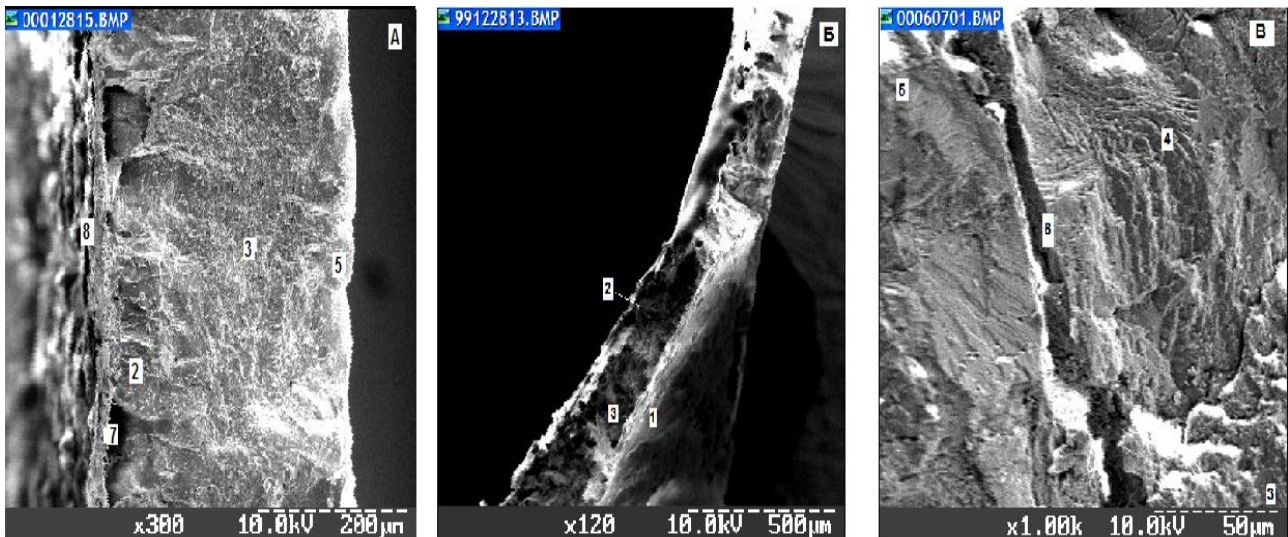
Змиви з поверхні яєць проводили до обробки робочими розчинами композицій для утворення «штучної кутикули», через дві години після обробки, на п'яту, одинадцяту та дев'ятнадцяту доби інкубації. Посіви на середовище МПА і розрахунок середньої кількості колоній мікроорганізмів проводили за методиками, наведеними А. Висоцьким (2002). Економічний ефект запропонованих виробництву заходів з поліпшення технології інкубації визначали за загальноживаною методикою (1986).

Статистичну обробку отриманих масивів експериментальних даних проводили з використанням сучасних пакетів комп'ютерних програм «Statistica for Windows 6.0», «Origin 8.0», «SigmaPlot for Windows 4.1», «TableCurve Windows 1.10». Для порівняння двох нормальних розподілів використовували t-критерій Ст'юдента. Відмінності вважалися достовірними при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Дослідження морфологічних параметрів біокерамічних захисних шарів інкубаційних яєць курей при порушеннях технології вирощування птиці.** Встановлено, що порушення режиму годування, утримання та інфекційні хвороби курей-несучок призводять до змін у формуванні біокерамічних шарів шкаралупи яєць, що призводить до погіршення їх якісних характеристик (рис. 2).

У зразках нещільної шкаралупи (рис. 2 Б, В) колонки палісадного шару подовжуються майже до середини її товщі (близько 180 мкм), тоді як у щільній їх злиття завершується на більш ранньому етапі формування і їх можна побачити не більш, ніж до 1/3 товщини шкаралупи. Змінюється також співвідношення діаметрів та висоти колон у шкаралупі різного ступеня щільності. У щільній шкаралупі воно дорівнює 1:4 – 1:5, у менш щільній – в межах 1:2,5 – 1:3,0.



**Рис. 2. Електронні мікрофотографії шкаралупи яєць, отриманих від: здорових курей (А), хворих на колібактеріоз (Б) та з порушенням умов годівлі (курей штучно утримували з порушенням режиму годівлі (1г Са/гол. на добу) (В), (Ломан браун, 10 тиждень яйцекладки); 1 – зовнішній шар шкаралупи; 2 – маміляри; 3 – палісадний шар; 4, 5 – кристали кальцитів кристалічного вертикального шару; 6 – мікрошпарина; 7 – пори, сформовані між мамілярами; 8 – підшкаралупні оболонки**

У конусному та палісадному шарах спостерігаються пустоти у вигляді зерен або порожнин. Таких пустот мало у щільній шкаралупі, в той час як у слабкій їх може бути досить багато, причому крупних – до 10 мкм у діаметрі при звичайних розмірах до 1 – 3 мкм. Шкаралупа яєць, отриманих від курей, хворих на колібактеріоз, тонка, не сформована, має волокнистий пористий вигляд. Велика відстань між мамілярами (див. рис. 2 Б (2)), відсутність конусного шару, де відбувається ріст кальцитів на мамілярах, недорозвинений палісадний шар (див. рис. 2 Б (3)) вказує на нестачу іонів  $\text{Ca}^{+2}$  для побудови шкаралупи.

**Визначення органічних складових біокерамічних захисних шарів інкубаційних яєць курей за норми та порушень технології вирощування птиці.** Встановлено, що з погіршенням рівня структурованості біокристалічного шару шкаралупи достовірно ( $p < 0,05$ ) знижується вміст в останньому білку овоклеїдину-17 і спостерігається тенденція до зниження іншого структуроутворюючого білку – овокаликсину-32 ( $p > 0,05$ ). Вміст інших білків – овокаликсину-21 і пептидів невизначеного складу «Х» та «У» залишається сталим незалежно від ступеня структурованості біокераміки захисного шару шкаралупи (табл. 1). Вивчаючи залежність кількісних і якісних параметрів масиву структуроутворюючих білків біокерамічного шару шкаралупи яєць від порід та кросів курей встановлено, що зниження якісних показників біокерамічних захисних бар'єрів інкубаційних яєць курей, проявом якого є втрата структурованості кристалічних шарів шкаралупи, пов'язане зі змінами вмісту в ній структуроутворюючих білково-пептидних складових,

зокрема овоклеїдину-17 та низки середньомолекулярних пептидів зі значеннями молекулярних мас від 455 до 881 а.о.м.

Таблиця 1

**Інтенсивність піків іонів високомолекулярних білково-пептидних складових біокерамічного матрикса шкаралупи яєць курей (% від контролю)**

Структурованість біокерамічного матриксу	Пептид «Х» (контроль) (1272,8 а.о.м.)	Овоклеїдин-17 (1736,4 а.о.м.)	Овокаликсин-21 (2117,7 а.о.м.)	Пептид «У» (2792,7 а.о.м.)	Овокаликсин-32 (3199 а.о.м.)
Добра	100	45	19	17	22
Середня	100	40	18	20	19
Погана	100	34	17	21	16
Хаотична, неструктурована	100	22	19	20	11

Примітка. Яйця групували за інтегральним показником якості шкаралупи, а саме: 1) добре структурований біокерамічний бар'єр (контроль); 2) середньо-структурований бар'єр (недотримання показників температури, вологості і дія стресу при утриманні курей); 3) недостатньо структурований бар'єр (нестача кальцію в раціоні, порушення режиму освітлення); 4) хаотичний (неструктурований) бар'єр (наявність мікотоксину Т у кормі, захворювання птахів на колібактеріоз).

Ступінь «чутливості» морфологічних і біохімічних параметрів біокерамічних структур інкубаційних яєць курей щодо дії негативних чинників довкілля залежить від породи і кросу птиці. Так, високий рівень зазначених параметрів корелює з показником яєчної продуктивності. За показником чутливості курей-несучок до змін у технології утримання та годівлі досліджену птицю можна розділити на дві групи – «чутливі» ( $r=+0,65-0,88$ ;  $r=-0,60-0,75$ ) і «резистентні» ( $r=+0,18-0,44$ ;  $r=-0,13-0,39$ ). До чутливих відносяться: Домінант бурий Д-102, Хайсекс браун, Ломан браун; відповідно до резистентних: Беларусь-9, Леггорн білий, Російські білі. В групі чутливої птиці відносно резистентністю відрізнялись птахи кросу Ломан браун ( $r=+0,67$ ;  $r=-0,64$ ), а в групі резистентної – Російські білі ( $r=+0,21$ ;  $r=-0,15$ ). Характерно, що птахи кросів Домінант бурий Д-102, Хайсекс браун і Ломан браун відрізняються високою яєчною продуктивністю і в той же час, на відміну від птахів резистентної групи (Беларусь-9, Леггорн білий, Російські білі), потребують прецизійного дотримання технології утримання та годівлі і є порівняно чутливими до інфекційних агентів.

**Встановлення фазового складу біокерамічних захисних шарів інкубаційних яєць курей за умов порушень технології вирощування птиці.** Фазовий склад шкаралупи інкубаційних яєць курей, що відповідають ДСТУ, представлено певною кристалічною формою карбонату кальцію, а саме – кальцитом. Дослідженнями встановлено ( $n=8$ ), що відходи інкубації, які мають назву «задохлики» часто супроводжуються появою у дифрактограмах порошоків, отриманих зі шкаралупи таких інкубаційних яєць, фази монетиту

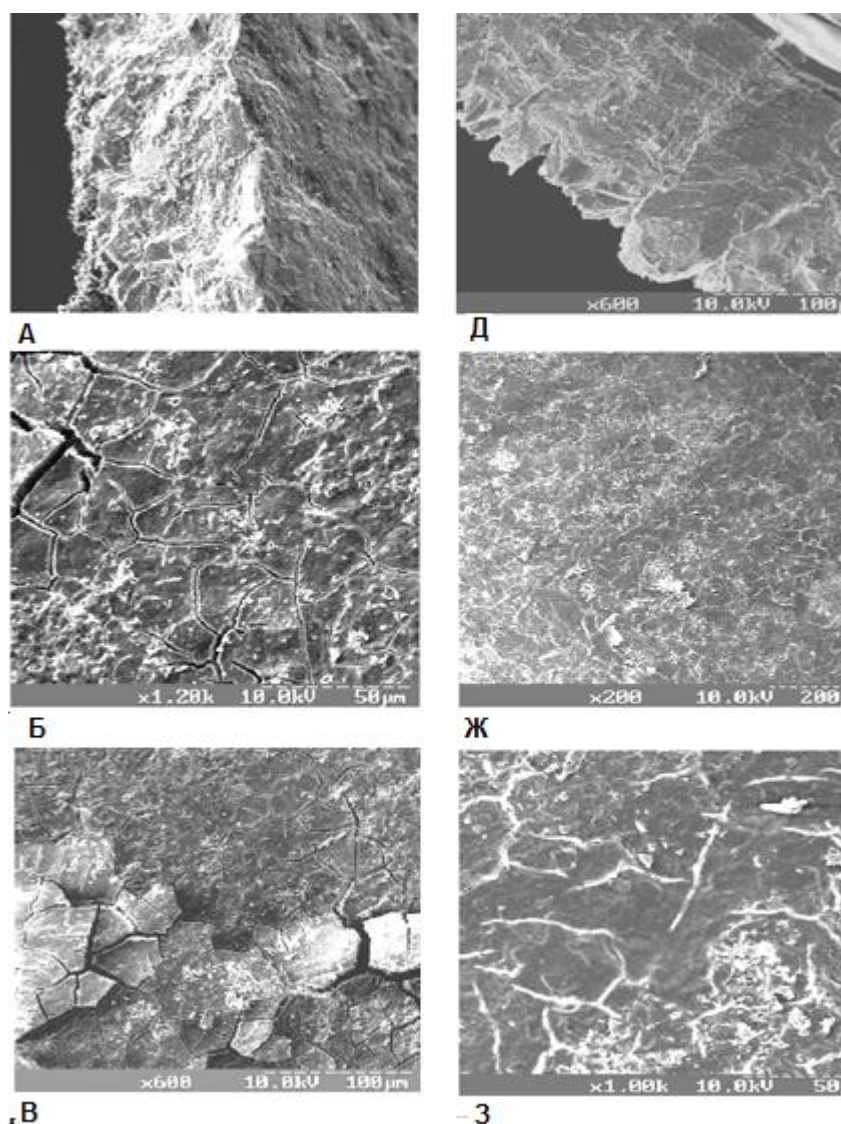
(*monetite*)  $\text{CaHPO}_4$ , а поєднання такого виду браку шкаралупи яєць як шорсткість у купі з наростами і паском та пліснявою, зумовленими порушеннями в годівлі птиці – курей годували кормами з недостатнім вмістом кальцію (1,0 г/голову на добу протягом 30 діб), призводить до грубих порушень структури біокерамічного шару – замість типового для якісних яєць кальциту, з'являються арагоніт, ватерит і кальцит магнію.

**Мас-спектрометричний спосіб експрес-виявлення та ідентифікації антибіотиків в інкубаційних яйцях курей.** При розробці способу ідентифікації залишкових кількостей антибіотиків у харчових та інкубаційних яйцях курей було зроблено висновок, що метод мас-спектрометрії ПДМС є найбільш чутливим до триметоприму: пік іонів даного антибіотика достовірно ідентифікований при його концентрації у зразку 0,1-0,2 мкг; для всіх інших препаратів, що були в досліді, найнижчий рівень прояву 4-5 мкг на зразок.

**Зміни морфологічних та функціональних параметрів природного захисного бар'єру яєць, спричинених класичними препаратами і складовими «штучної кутикули».** Вивчаючи ефективність передінкубаційної обробки класичними препаратами, встановлено, що всім випробуваним препаратам притаманна загальна тенденція до потужної біоцидної активності протягом першої доби після обробки (кількість патогенних мікроорганізмів (*E. Coli*) на одиницю поверхні яйця різко знижується до 3-8% від контрольного показника (поверхня яйця до обробки). На 18 добу інкубації рівень мікробної контамінації поверхні яєць, оброблених фумігацією формальдегідом, досягає 80-85%. *Virkon-S* також ефективно знижує рівень мікробної контамінації протягом 1-5 діб з наступним підвищенням цього показника до 65 і 78% від контролю відповідно на 10 і 18 добу. Препарат з групи ЧАС АТМ-арома має пролонгований ефект. На 10 і 18 добу інкубації рівень контамінації становить 52 і 58% від контролю відповідно. Виводимість яєць, оброблених формальдегідом, становить 74,8%, *Virkon-S* – 73,2%, АТМ-арома – 79,1% ( $p < 0,05$ ).

Перший варіант «штучної кутикули» створювали на основі четвертинних амонієвих сполук (ЧАС) з отриманням комбінованих препаративних форм. Додатковими речовинами слугували різні біологічно активні та біоцидні сполуки як синтетичного, так і природного походження (рослинні екстракти (РЕ), солі металів, похідні полісахаридів, окиснювачі, хелатуючі речовини, гідролітичні ферменти, біоактивні пептиди, антибіотики). Експериментально доведено, що нанесена на яйце «штучна кутикула» імітує за структурно-функціональними параметрами відповідні природні захисні структури шкаралупи інкубаційного яйця (рис. 3). Склад і концентрація окремих складових «штучної кутикули», а також метод її нанесення на яйце здійснюють вплив на структурно-функціональні параметри як природної кутикули самого яйця, так і структури захисної плівки. Зокрема, модельна білкова структура, що імітує природний кутикулярний покрив інкубаційного яйця (рис. 3, А), за щільністю подібна до структури, притаманній упорядкованому шару ЧАС (див. рис. 3, Б).

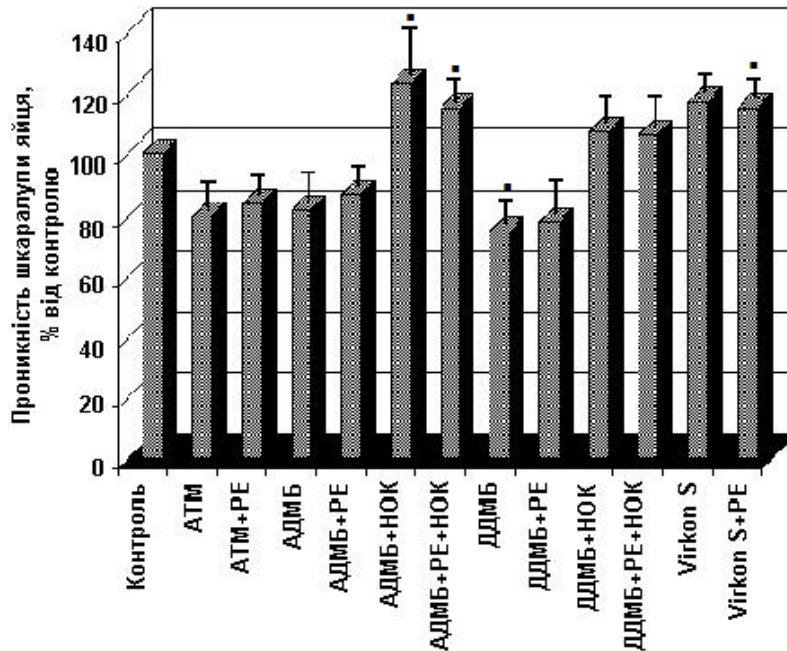




**Рис. 3. Морфологічні параметри плівок «штучної кутикули» на основі сполук четвертинного амонію (ЧАС): контроль (поверхня природної шкаралупи яйця куриці) (А); «Virocid» діючі речовини алкілдиметилбензиламоній-хлорид та дидецилдиметилбензиламоній-хлорид) і надоцтова кислота (Б, В); «CID-20» (діюча речовина – алкілдиметилбензиламоній-хлорид) і надоцтова кислота (Д, Ж, З)**

Плівка, сформована ЧАС, має щільнішу структуру і здатна значно уповільнювати дифузію газів, у порівнянні з природною кутикулою. Встановлено, що діюча речовина препарату на основі ЧАС дидецилдиметилбензиламоній-хлорид (ДДМБ) вірогідно зменшує газопроникність шкаралупи яєць курей на 26,8% ( $p < 0,05$ ). Морфологічні зміни мікроструктур плівок індукують модифікацію складу вихідних розчинів. Так, додавання до розчину ЧАС надоцтової кислоти, рослинних екстрактів, фосфоліпідів та ін. призводить до утворення полікомпонентних емульсій, що є основою при створенні складних та розрихлених структур (див. рис. 3, В-Ж). Вони зберігають бактерицидну активність, а також значно інтенсифікують процеси дифузії газів (ДДМБ + НОК + РЕ – на 7,1% (рис. 4).

**Газопроникність захисних плівок «штучної кутикули» на основі сполук четвертинного амонію.** Нашими дослідженнями модифікованих препаративних форм «штучної кутикули», до складу якої входять водорозчинні ЧАС: алкілдиметилбензиламоній-хлорид (АДМБ), дидецилдиметилбензиламоній-хлорид, рослинний екстракт і надоцтова кислота (НОК), з вираженою біоцидною активністю протягом проміжку часу до 25-30 діб, було встановлено, що надоцтова кислота незалежно від хімічної природи ЧАС розпушує кристалічну кальцитну структуру шкаралупи, що значно полегшує газообмін ембріона (рис. 4).



**Рис. 4. Газопроникність шкаралупи інкубаційних яєць курей (Домінант бурий Д-102; 15 тижень яйцекладки), оброблених різними складовими для формування «штучної кутикули»**

Примітки: 1) контроль (без обробки); 2) яйця обробляли методом розпилення (діаметр крапель аерозолу 50-200 мкм); 3) точками відмічені достовірні розбіжності з контролем ( $p < 0,05$ )

Як видно з рис. 4, суміш АДМБ із НОК підвищує проникність шкаралупи на 23% ( $p < 0,05$ ), ДДМБ із НОК – на 7,2%, а препарат «Virkon S» – на 17% ( $p < 0,05$ ). Введення до складу препаратів біологічно активних екстрактів з рослин недостовірно знижує деструктивну активність НОК щодо біокерамічного шару шкаралупи.

**Методи утворення на поверхні шкаралупи інкубаційних яєць покриття «штучна кутикула» та їх зв'язок з транспортуванням біологічно активних речовин всередину яєць.** Дослідженнями щодо розробки оптимального методу передінкубаційної обробки яєць курей встановлено, що найбільш перспективною технологією нанесення «штучної кутикули» на інкубаційні яйця курей є технологічно простий і недорогий метод розпилення рідини робочого розчину з утворенням часток аерозолу діаметром 0,5-3,0 мкм, які осідають на поверхні яєць з наступним утворенням еластичної



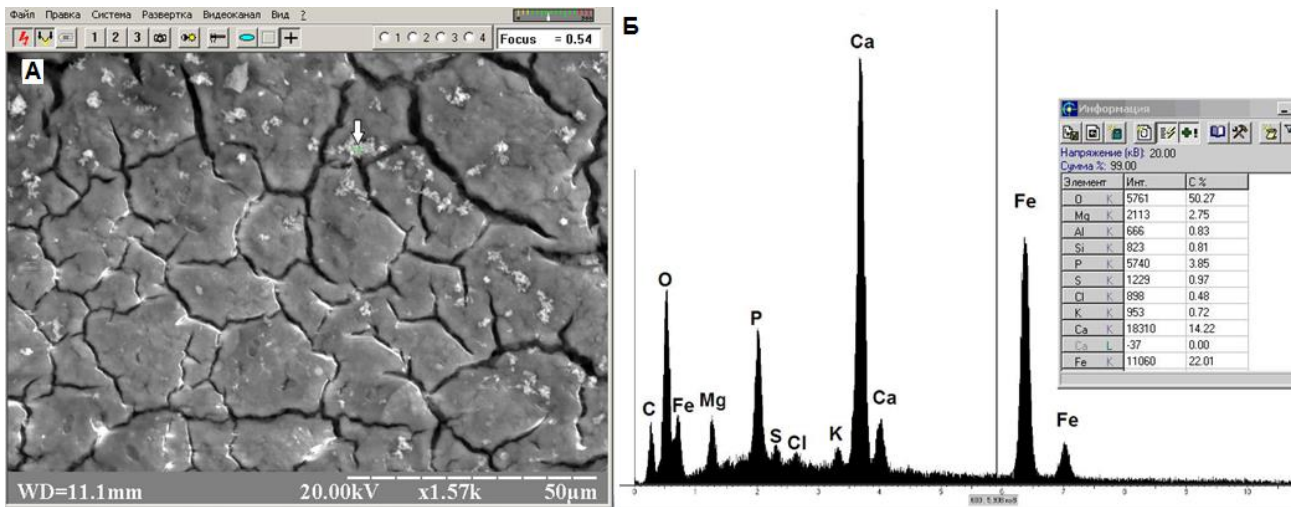
газопроникної захисної плівки «штучної кутикули». Водночас доведено, що застосування методу сонофоретичного отримання «штучної кутикули», яким передбачено спрямоване транспортування біологічно активних речовин всередину яйця «*in ovo*», є досить складним і працемістким.

**Особливості захисних плівок «штучної кутикули» на основі природної екологічно чистої речовини хітозану.** Нашими дослідженнями щодо підбору оптимальних різновидів та похідних хітозану для конструювання «штучної кутикули» з використанням хітозану харчового (водорозчинного) рН 1% водного розчину 4,65, хітозану харчового (кислоторозчинного) рН 1% водного розчину у 2% оцтовій кислоті 3,59-3,65 та хітозану водорозчинного (сукцинату) рН 1% водного розчину 7,60 виробництва ЗАТ «Біопрогрес», РФ на яйцях курей Бірківська барвіста було встановлено, що кращі результати інкубації отримані в групі, де використовували кислоторозчинний хітозан. Вищезазначений розчин у дослідних групах здійснював позитивний вплив на перебіг інкубації та розвиток ембріонів. Вивід молодняку був на 2,0%, а виводимість на 3,1% відповідно вищими за контроль ( $p < 0,01$ ). Таким чином, експериментально доведено, що оптимальним «матриксним» матеріалом в технології «штучна кутикула» для захисту інкубаційних яєць курей є кислоторозчинний хітозан.

**Розвиток технології «штучна кутикула» – композити типу «хітозан : ультра-, нанодисперсні оксиди металів».** Результатом подальших досліджень щодо підбору оптимального складу штучної захисної плівки – нанокутикули була розробка принципово нової технології захисту інкубаційних яєць курей, яка набула назви «Штучна кутикула». Маючи на увазі те, що згідно останніх даних (L. D'Alba, 2014), важливе місце у захисній функції природної кутикули належить присутнім у товщі її базової складової – глікопротеїнової матричної речовини інших білків і пептидів, подібних лізоциму, з притаманними їм біоцидними властивостями, було використано здатність оксидів деяких металів, зокрема титану та заліза ( $TiO_2$  та  $Fe_2O_3$ ) у високодисперсних формах, сприяти очищенню та знезараженню інкубаційних яєць за фото- та темновим механізмима високоефективного окиснення органічних речовин протягом перебігу всього періоду інкубації. До складу композиції «штучна кутикула» залучали речовини, що проявляють потужний біоцидний ефект незалежно від умов інкубації (рівень освітлення, вологість, температура), а саме – надоцтову кислоту і пероксид водню ( $H_2O_2$ ). Як відомо (D. Manivannan, 2007), між НОК,  $H_2O_2$  та іонами перехідних металів, зокрема заліза (Fe) та міді (Cu) відбувається реакція окиснення, що здатна руйнувати мікроорганізми.

Експериментальними дослідженнями характеристик плівок, що утворювались в процесі передінкубаційної обробки, а також їх деструкції в період інкубації встановлено, що нанесення водних розчинів, які містять зазначені складові «штучної кутикули» на поверхню інкубаційних яєць призводить до утворення на поверхні біокерамічного захисного шару шкаралупи еластичної захисної бактерицидної, вологоутримуючої та газопроникної плівки завтовшки 0,05-10,00 мкм. Як видно з рис. 5, мікроелементний аналіз шкаралупи після нанесення «штучної кутикули»,

вказує на наявність  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  у зразку (22% відносно Ca). Використання варіанту технології «штучна кутикула» із оксидом заліза забезпечує підвищення показнику виводимості яєць в залежності від породи курей на 12,0-16,3% ( $p < 0,01$ ).



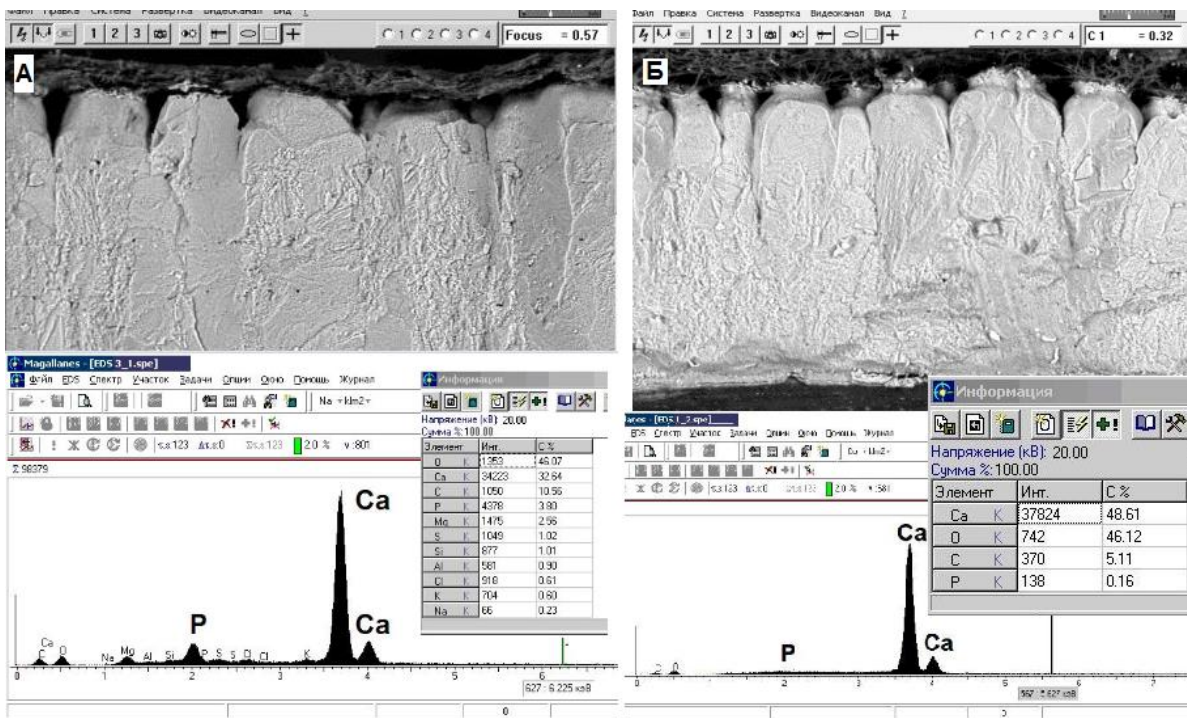
**Рис. 5. Мікрофотографія «штучної кутикули», нанесеної на поверхню інкубаційного яйця куриці (А) та результати елементного аналізу частинки  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  зі «штучної кутикули» на поверхні інкубаційного яйця куриці (Б)**  
Примітки: білі плями на шпаринуватій поверхні хітозану відповідають часткам  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (А); праворуч добре видно інтенсивний пік, який відповідає залізу (Fe), центральний пік (Б) – кальцію (Ca)

У подальшому проводили поетапне додавання сполук металів до «матриксної» речовини «штучної кутикули» хітозану з кінцевою метою підсилення його досить помірної біоцидної щодо патогенної мікрофлори активності процесами «активного окислення» за участі ультра-, нанодисперсних сполук оксидів титану і заліза.

**Дослідження дії складових речовин «штучної кутикули» на структурні показники та рівень газопроникності шкаралупи інкубаційних яєць курей.** Оскільки «штучна кутикула» складається з декількох компонентів, у подальшому було вивчено газопроникність інкубаційних яєць курей різних порід у залежності від кількісного складу «штучної кутикули» (хітозан : надощтова кислота : фотокаталітично-активні частки оксидів металів) у модельних умовах, протягом фіксованих проміжків часу: 1 – 20 хв.). Встановлено, по-перше, що обробка інкубаційних яєць курей робочими розчинами, які використовуються в технології передінкубаційної обробки яєць «штучна кутикула» (надощтова кислота : кислоторозчинний хітозан: оксиди металів (титан, залізо)), призводить до значного підвищення показника газопроникності шкаралупи (68-128% від контролю,  $p < 0,01$ ); по друге, найбільша активність за показником газопроникності біокерамічного захисного шару шкаралупи притаманна «штучній кутикулі», до складу якої входять: надощтова кислота, хітозан і діоксид титану в анатазній кристалічній формі (у порівнянні з контролем газопроникність підвищується на 108-128%,  $p < 0,01$ ); по третє, найбільшу стійкість біокерамічного шару шкаралупи до складових

«штучної кутикули» мають інкубаційні яйця курей породи Полтавська глиняста; показник газопроникності для яєць курей порід Бірківська барвиста і Род-айленд червоний варіює і залежить від виду «штучної кутикули».

**Дослідження дифузійних процесів у біокерамічному захисному шарі шкаралупи яєць курей за використання технології «штучної кутикули.** За допомогою растрової електронної мікроскопії та мікроелементного аналізу (n=6), встановлено, що хітозан, як базовий елемент технології «штучної кутикули», характеризується підвищеними адсорбтивними властивостями по відношенню до металів і їх сполук (наночастинок оксидів титану та заліза). Це дозволяє зберігати високий рівень біоцидної активності «штучної кутикули» по відношенню до патогенної мікрофлори та упереджати небажане надходження окремих компонентів кутикули всередину яйця, тобто в зону розвитку ембріона за допомогою природної або посиленої ультразвуком дифузії (рис. 6).



**Рис. 6. Електронномікроскопічне зображення сколу шкаралупи яйця (після вилуплення курчати), А – обробленого перед інкубацією методом зрошування розчином для отримання «штучної кутикули», доповненої марганцем ( $MnCl_2$ ) 0,1 мас. %; Б – яке було піддане дії ультразвуку в робочому розчині для отримання «штучної кутикули» протягом 5 хвилин**

Як видно з рис. 6 (Б), морфологія біокристалічних шарів кальциту зазнає деяких змін – вони стають більш пухкими, неупорядкованими, причому найбільші зміни спостерігаються на внутрішній стороні яйця – у мамілярному шарі. В той же час, хітозановий шар «штучної кутикули» і в таких, досить жорстких умовах, зберігає цілісність та виражені адсорбтивні властивості, оскільки елементний аналіз поверхні відколу шкаралупи показав відсутність будь-яких домішкових елементів – як і в контролі (рис. 6, А). У рентгенівському спектрі зразка переважають інтенсивні піки кальцію. Введення до складу

робочого розчину для отримання на поверхні інкубаційного яйця «штучної кутикули» в якості «маркерного» елемента, який визначається з високою чутливістю рентгенівським методом, сполуки марганцю ( $MnCl_2$ ), достовірно показало ( $p < 0,05$ ), що хітозановий «матричний» шар кутикули має здатність зберігати адсорбтивні властивості по відношенню до іонів металів і їх сполук протягом усього періоду інкубації, в той час як морфологічні параметри біокристалічного шару шкаралупи зазнають певних змін. Підвищені адсорбтивні властивості хітозану дозволяють конструювати складні композитні системи на основі металів та їх оксидів для забезпечення, з одного боку, підвищеної біоцидної активності «штучної кутикули» по відношенню до патогенної мікрофлори, з іншого – гарантувати відсутність трансшкаралупного перенесення зазначених компонентів за допомогою природної і посиленої дифузії кутикули всередину яйця з можливим подальшим негативним впливом на розвиток ембріона.

**Біоцидна активність «штучної кутикули».** Встановлено, що найбільш потужна біоцидна активність у технології для захисту інкубаційних яєць курей «штучна кутикула» притаманна варіанту, який містить у якості базових складових кислоторозчинний хітозан у поєднанні з надощтовою кислотою та ультра-, нанорозмірним діоксидом титану в анатазній кристалічній формі. Кількість мікрофлори на поверхні яєць знижується на 98,2-99,5% від вихідного значення ( $p < 0,001$ ).

**Дослідження механізму біоцидної активності складових «штучної кутикули» на прикладі гемолітичної деструкції мембран еритроцитів.** Визначено характер взаємодії діючих речовин полікатионних дезінфектантів – складових «штучної кутикули» першого покоління (синтетичного аніоніту з групами четвертинного азоту та полігексаметиленгуанідінгідрохлориду) з біологічно-активними домішками як хімічного (іони металів  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ; диметилсульфоксид, олеїнова кислота, додецилсульфат натрію, октадециламін), так і природного походження (екстракти з горобини, чистотілу, звіробою, калини; мелітин, каротин, соланін). Так, впродовж 1,0-1,5 хв. речовина з групи ЧАС алкілтриметиламін (АТМ) спричинює гемоліз такої ж інтенсивності, як і потужний мембраноактивний пептид мелітин ( $p < 0,001$ ). Експериментально встановлено, що речовинами, найбільш перспективними щодо доповнення базових матричних ПАР дезінфектантів з метою одержання синергістичних біоцидних ефектів є БАР рослинного походження, іони металів, пероксид водню, надощтова кислота і алкілсульфати в різних співвідношеннях і концентраціях.

**Вивчення дії складових «штучної кутикули» на дихання та окислювальне фосфорилування мітохондрій.** Експериментально доведено, що пероксидні сполуки, зокрема ті, що входять до складу препарату «Virkon-S», а також діючі речовини препаратів пролонгованої дії на основі ЧАС, не спричинюють вірогідних порушень як швидкості поглинання кисню мітохондріями, так і швидкості фосфорилування АДФ.

**Вплив пероксидних біоцидних сполук на молекулярні мішені живої клітини.** Отримані результати досліджень свідчать про те, що пероксидним

сполукам притаманна потужна деструктивна активність щодо нуклеїнових кислот, зокрема фосфатних груп нуклеотидів. Встановлено, що механізм біоцидної активності препаратів пероксидного ряду, зокрема «Virkon» та «Virkon-S», заснований на деструкції нуклеїнових кислот – базових інформаційних біомолекул патогенної мікрофлори ( $p < 0,05$ ).

**Вплив технології «штучна кутикула» на стан обміну речовин та імунний статус молодняку курей.** Дослідженнями крові та тканин добових курчат, які вивелися із яєць, підданих передінкубаційній обробці розчином «штучної кутикули» на основі хітозану, встановлено, що вірогідно підвищуються такі показники: вміст гемоглобіну (5,0%,  $p < 0,05$ ), заліза (50%,  $p < 0,05$ ), міді (100%,  $p < 0,05$ ), загального білку (20,8%,  $p < 0,05$ ), лізоцимної активності (10,4%,  $p < 0,05$ ), загальних ліпідів (16,5%,  $p < 0,05$ ), холестерину (5,8%,  $p < 0,05$ ), кальцію (8,0%,  $p < 0,05$ ), креатиніну (48,0%,  $p < 0,05$ ). Відмічено тенденцію до зниження вмісту глюкози (4,8%,  $p < 0,05$ ), активності  $\alpha$ -амілази (7,9%,  $p < 0,05$ ), фосфору (1,1%,  $p < 0,05$ ) до значень, наближених до нормативних, що свідчить на користь оптимізуючої дії складових робочого розчину «штучної кутикули» на рівень вуглеводного та кальцій-фосфорного метаболізму. Оптимізація метаболізму ембріонів і добового молодняку, а значить і підвищення їх природної резистентності, відбувається не лише завдяки антиоксидантним властивостям певних складових «штучної кутикули», але і за рахунок корегування рівня обмінних процесів. Крім суттєвого поліпшення біохімічних показників, використання технології «штучна кутикула» також дозволяє підвищити рівень природної резистентності курчат (табл. 2).

Таблиця 2

**Показники природної резистентності добових курчат кросу Ломанн браун,**  
 $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

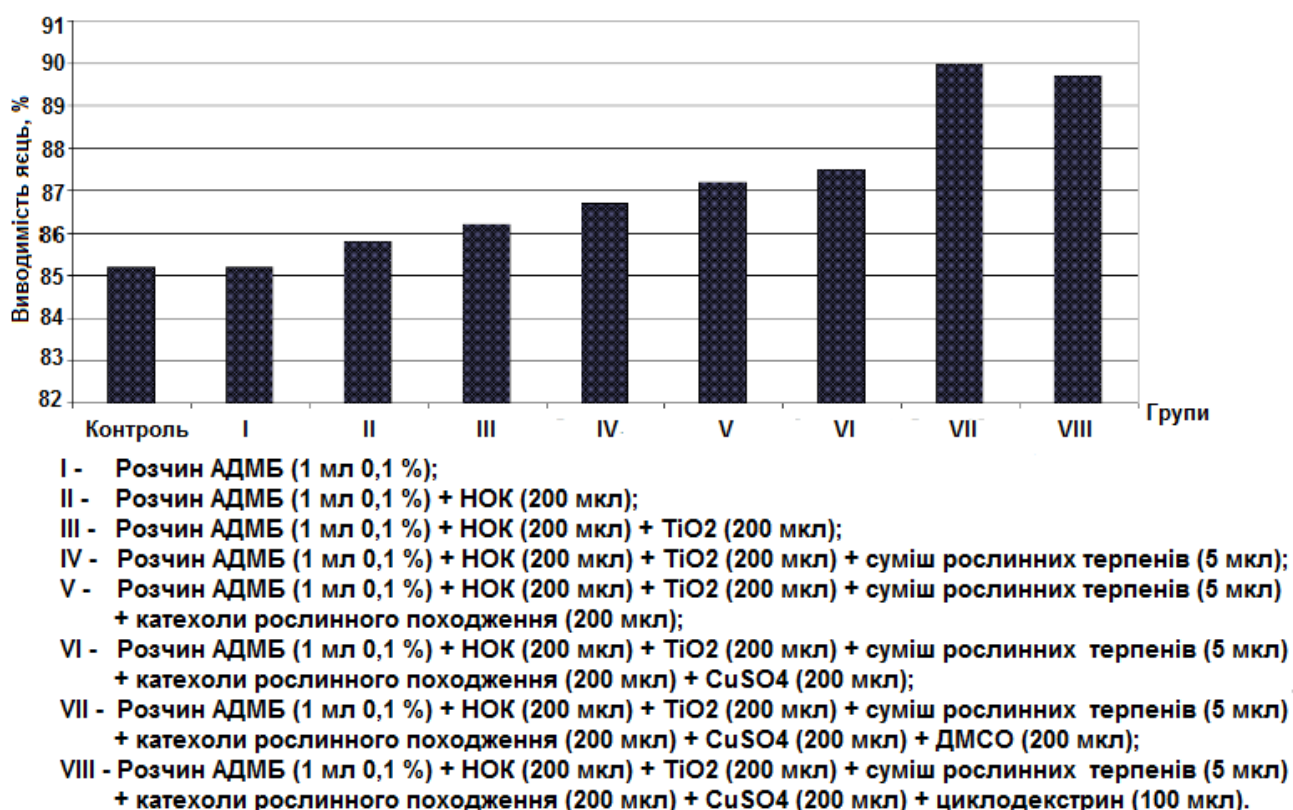
Методи обробки	Виводимість, %	Бактерицидна активність, %	Лізоцимна активність, С мкг/мл
Формальдегід (контроль)	88,8	16,82±1,011	30,5±1,16
Хітозан в оцтовій кислоті	90,3	16,87±0,087	32,4±0,87
НОК	91,0	16,85±0,033	31,9±0,66
Хітозан з НОК	86,5	16,84±0,011	31,5±0,11
Хітозан+НОК+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	90,6	16,81±0,010	31,3±0,13
Хітозан+НОК+TiO <sub>2</sub> an+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CuSO <sub>4</sub>	91,1	16,88±1,083	32,5±0,21*
Хітозан+НОК+TiO <sub>2</sub> an+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +CuSO <sub>4</sub>	87,6	16,82±1,014	32,1±0,30*
Хітозан+НОК+TiO <sub>2</sub> an+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +CuSO <sub>4</sub>	94,2	16,89±0,020*	33,7±0,03*

Примітка. \* –  $p < 0,05$

**Оптимізація технології «штучна кутикула», створення «штучної кутикули» на основі сполук четвертинного амонію.** Матричну речовину на основі ЧАС доповнювали біологічно-активними речовинами штучного і



природного походження, зокрема використовували суміш терпенів та катехолів рослинного походження (рис. 7).



**Рис. 7. Вплив хімічних складових «штучної кутикули» на основі четвертинних амонієвих сполук на виводимість курчат**

Як видно, покрокове ускладнення базової матричної речовини сполук четвертинного амонію призводить до підвищення виводимості як за рахунок стимуляції обміну речовин ембріону БАР (особливо за використання «енхансерів» – стимуляторів їх трансшкаралупного перенесення – ДМСО, терпенів та циклодекстрину), так і внаслідок модифікації біокристалічного шару шкаралупи. Це зумовлено, по-перше, взаємодією НОК з кальцитом, що поліпшує газопроникність, а також полегшує трансшкаралупне перенесення БАР і, по-друге, здатністю ЧАС утворювати на зовнішній поверхні яйця захисне покриття, що містить зазначені БАР. Така конструкція являє собою типову систему контрольованого постачання БАР ембріонові, що розвивається (*Control Release System*).

Проте, такий склад «штучної кутикули» може бути використаним тільки на малих за обсягом партіях інкубаційних яєць, зокрема при інкубації яєць цінних зразків декоративних або диких птахів, оскільки сумарна вартість складових таких препаратів «штучної кутикули», збагачених біологічно-активними речовинами, є досить високою.

Подальшими дослідженнями встановлено, що використання хітозанової плівки «штучна кутикула» для передінкубаційної обробки яєць дозволяє

підвищувати показники виводимості з одночасним зниженням рівня мікробного обсіменіння поверхні яєць (табл. 3).

Таблиця 3

**Ефективність передінкубаційної обробки яєць курей препаратами на основі хітозану та ЧАС,  $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$**

Методи обробки	Виводи- мість яєць, %	Відходи інкубації, %	Рівень мікробної контамінації поверхні шкаралупи яєць на 11 добу після обробки	
			бактерії, КУО	гриби, колоній
Контроль (формальдегід)	84,3±1,31	21,9±0,12	26,72±3,019	137±0,26
Розчин хітозану	91,4±2,17	9,6±0,04	8,61±0,012	11±0,02
Розчин ЧАС	87,3±0,84	15,2±0,12	9,18±0,003	15±1,32
Розчин хітозану + НОК	93,2±0,25	10,2±0,05	4,38±0,014	8±0,22
Розчин ЧАС + НОК	88,2±1,12	11,8±1,02	5,02±0,014	3±0,18
Розчин хітозану + НОК + TiO <sub>2</sub>	88,9±2,18	9,6±0,02	2,55±0,001	0,2±0,02
Розчин хітозану + НОК + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	91,5±1,87	6,4±0,24	3,77±0,006	0,2±0,24
Розчин хітозану + НОК + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub> + CuSO <sub>4</sub>	94,6±0,22	6,2±0,03	1,34±0,001	-
Розчин хітозану + НОК + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + CuSO <sub>4</sub>	94,3±0,24	4,7±0,03	0,35±0,001*	-
Розчин ЧАС + НОК + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + CuSO <sub>4</sub>	92,3±1,06	6,6±1,04	2,15±0,022	0,3±0,06

Примітка. \* –  $p < 0,05$ .

Найкращий вплив на результати інкубації та рівень мікробного обсіменіння поверхні шкаралупи яєць здійснює метод передінкубаційної обробки яєць розчином, до складу якого входять наступні інгредієнти: хітозан кислоторозчинний + НОК + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + CuSO<sub>4</sub>.

В той же час, використання у технології «штучна кутикула» в якості базової «матричної» речовини сполук четвертинного амонію ЧАС поступається за кінцевими результатами відповідним дослідом із хітозаном.

Отже, варіювання якісних і кількісних інгредієнтів «штучної кутикули» базового складу надало можливість проведення оптимізації цієї технології щодо інкубаційних яєць різної якості та походження.

**Створення «штучної кутикули» «ARTICLE» на основі хітозану.** Покрокове введення різних компонентів до складу препарату дало можливість створити технологію «штучна кутикула», яка полягає у передінкубаційній обробці яєць рідкофазовою композицією, головними компонентами якої є потужний окислювач-дезінфектант надощтова кислота, хітозан, як екологічно-безпечна речовина, здатна утворювати газопроникну плівку при

висиханні робочого розчину на поверхні яєць і ультра-, нанодисперсні оксиди металів з фотокаталітичними властивостями, зокрема оксид заліза ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) і титану ( $\text{TiO}_2$ ).

В основу технології «штучна кутикула» покладене отримання сумарного захисного ефекту рідкофазової композиції (водного робочого розчину) від: а) просочування кутикули і верхнього кристалічного шару шкаралупи інкубаційного яйця надоцтовою кислотою з паралельним знищенням патогенної мікрофлори та б) утворення тонкого (0,05-5,0 мкм) газопроникного шару хітозану на поверхні яйця, який завдяки власному антибактеріальному ефекту і фотокаталітичним властивостям оксидів металів попереджує вторинну контамінацію патогенними мікроорганізмами, а також поліпшує газообмін ембріона і зумовлює підвищення показнику виводимості інкубаційних яєць на 6,3-20,3% (табл. 4).

Таблиця 4

**Результати інкубації яєць курей, оброблених перед інкубацією композицією «штучна кутикула» на основі хітозану, надоцтової кислоти, пероксиду водню, діоксиду титану, оксиду заліза (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і міді**

Методи обробки	Закладено, шт.	Незапліднені яйця, %	Брак інкубації, %	Вивід курчат, %	Виводимість яєць, %
<b>Род-айленд червоний</b>					
Контроль	1500	11,1	22,2	76,6	86,2
«Штучна кутикула»	1500	12,3	1,5	98,3	98,3
<b>Полтавська глиняста</b>					
Контроль	1500	16	21,9	62,1	74,0
«Штучна кутикула»	1500	17,9	4,7	77,4	94,3
<b>Бірківська барвиста</b>					
Контроль	1400	9,9	8,2	81,9	90,9
«Штучна кутикула»	1400	9,1	2,8	88,1	97,2

Отже, «штучна кутикула», розроблена за біоміметичним принципом, являє собою подібне за структурно-функціональними параметрами до природної кутикули яєць птиці полікомпонентне захисне покриття для відновлення та посилення бар'єрних властивостей біокерамічних структур шкаралупи і шкаралупних мембран (табл. 5).

**Вивчення впливу передінкубаційної технології «штучна кутикула» на розвиток ембріонів та збереженість молодняку курей.** Експерименти щодо використання технології «штучна кутикула» для передінкубаційної обробки яєць курей показали, що композиція на основі хітозану позитивно впливає на ріст і розвиток ембріонів.

Середня жива маса зародка дослідної групи на 6-й день інкубації була на 3,2%, а на 17 добу інкубації – на 7,0% вище у порівнянні з контролем ( $p < 0,05$ ).



**Порівняння фізіологічних функцій природної кутикули яйця куриці та «штучної кутикули», отриманої біоміметичною технологією «Штучна кутикула»**

Природна кутикула	«Штучна кутикула»
<b>Структурно-морфологічні особливості</b>	
1. Склад – глікопротеїди, міnorні кількості ліпідів, неорганічних речовин, мікроелементи	Склад – хітозан, оксиди титану, заліза, надощтова кислота, пероксид водню, сульфат міді, мікроелементи
2. Структура – гнучка, газопроникна, пориста плівка завтовшки 3-10 мкм	Структура – гнучка, газопроникна, пориста плівка завтовшки 3-5 мкм
<b>Функціональні особливості</b>	
3. Адсорбція патогенів (бактерій, вірусів) на поверхні глікопротеїдів	Адсорбція патогенів (бактерій, вірусів) на поверхні хітозанової плівки
4. Електростатичне (нековалентне) зв'язування патогенів (переважно вірусів) на межах пор у плівці глікопротеїдів, що несуть заряд	Електростатичне (нековалентне) зв'язування патогенів (переважно вірусів) на межах пор у плівці хітозану, що несуть заряд
5. Руйнація патогенів, які раніше були піддані адсорбції на поверхні глікопротеїдної кутикули за участі лізоциму та ферментів-оксидаз	Руйнація патогенів, які раніше були піддані адсорбції на поверхні хітозанової плівки за участі надощтової кислоти та хімічного окислення за реакцією Фентона (пероксид водню, діоксид титану, оксид заліза)
6. Механічне руйнування природної кутикули протягом інкубації до 15-16 доби	Механічне та хімічне руйнування хітозанової плівки протягом інкубації до 17-19 доби під дією залишкових кількостей пероксидів, кислот та активних форм кисню (АФК)
7. Сприяння газообміну ембріонів, що розвиваються, та збагачення їх на кисень протягом другої половини інкубації	Сприяння газообміну ембріонів, що розвиваються, та збагачення їх на кисень протягом як першої, так і другої половин інкубації за рахунок часткової руйнації кальцитного шару шкаралупи яйця кислотами
8. Можливість використання постінкубаційних відходів шкаралупи після термічної обробки у агрономії та хімічній і біотехнологічній галузях промисловості внаслідок цілковитої екологічної безпеки	Можливість використання постінкубаційних відходів шкаралупи після термічної обробки в агрономії та хімічній і біотехнологічній галузях промисловості внаслідок цілковитої екологічної безпеки

Обробка передінкубаційних яєць розчином хітозану справила позитивний вплив на інтер'єрні показники добових курчат, а також на їх збереженість до 140 добового віку (табл. 6).

Таблиця 6

**Збереженість і діловий вихід молодняку курей за період вирощування до 140 денного віку**

Вік, діб	Збереженість поголів'я у групах			
	контрольні		дослідні	
	голів	%	голів	%
1	346	100	346	100
30	331	95,7	338	97,6
60	328	94,8	331	95,6
90	324	93,6	328	94,7
120	319	92,2	326	94,2
140	316	91,3	326	94,2
За період вирощування	-	-	-	+ 2,9

За час спостереження збереженість курчат дослідної групи склала 94,2%, що на 2,9% вище, ніж у контрольній ( $p < 0,05$ ).

Витрати корму на одну голову і на 1 кг приросту в дослідній групі були відповідно на 5,2 і 8,1% нижчі, ніж у контрольній (табл. 7).

Таблиця 7

**Витрати на вирощування молодняку за період 1 - 140 діб**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Витрати корму, кг:		
на 1 голову	9,34	8,86
на 1 кг приросту	7,26	6,67
Витрати обмінної енергії, МДж:		
на 1 голову	105,63	99,30
на 1 кг приросту	82,18	74,75
Витрати сирого протеїну, г:		
на 1 голову	1596	1501
на 1 кг приросту	1241	1130

За період вирощування витрати обмінної енергії і сирого протеїну на 1 голову і на 1 кг приросту знижувалися відповідно до витрат корму. У порівнянні з контролем використання обмінної енергії на одну голову в дослідній групі зменшилися на 6,0%, а на 1 кг приросту – на 9,0%.

**Визначення корозійної активності «штучної кутикули».** Водний робочий розчин «штучної кутикули» при нанесенні на пластинки алюмінію та нержавіючої сталі зумовлює незначні корозійні пошкодження ( $p > 0,05$ ) і залишає поверхні металів практично непошкодженими. Зважаючи на те, що органічні пероксидні сполуки і надоцтова кислота зокрема, є

корозійноактивними речовинами, хітозан, що входить до складу «штучної кутикули», забезпечує захисну дію шляхом пасивування поверхні металів.

**Визначення залишків «штучної кутикули» на поверхнях обладнання інкубаторію у виробничих умовах.** Встановлено, що змивання водою, температура якої становить +60-80<sup>0</sup>С при тиску 0,4 МПа та витратах 2 л/м<sup>2</sup> забезпечує повне видалення складових «штучної кутикули» з поверхонь інкубаційних лотків.

**Економічна ефективність застосування технології «штучна кутикула» при інкубації яєць курей.** Виробничі випробування, які проведені в птахогосподарствах Сумської, Чернігівської області та в Республіці Білорусь, показали ефективність використання запропонованої інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць курей. Контрольну партію яєць обробляли фумігацією формальдегідом, дослідну – методом обприскування композицією «штучна кутикула», що складалась з розчину хітозану, НОК, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, пероксиду водню, CuSO<sub>4</sub> (табл. 8).

Таблиця 8

**Економічна ефективність від застосування технології «штучна кутикула» при інкубації яєць курей**

Показник	Метод обробки	
	базовий	пропонований
Закладено на інкубацію яєць, шт.	4400	4400
Вивід курчат, %	73,5	83,9
Отримано курчат, гол.	3234	3692
Ринкова вартість курчат, грн / гол.	10	10
Загальна вартість, тис. грн	32340	36920
Отримано продукції (ділових курчат) на 1000 яєць, грн	7350,0	8390,9
Витрати на обробку 1000 шт. яєць, грн	157,8	4,70
Прибуток, грн	7192,2	8389,3
Додатковий економічний ефект від інновацій, грн	-	1192,1

Аналіз економічної ефективності використання розробленої композиції «штучна кутикула» для передінкубаційної обробки яєць курей показав, що в дослідній групі було отримано продукції з розрахунку на 1000 яєць в 1,2 рази більше у порівнянні з контролем. Прибуток у групі, де використовували передінкубаційну обробку яєць хітозаном, збільшився в 1,5 рази. Додатковий економічний ефект на 1000 шт. яєць склав 1192,1 грн.

### ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано та практично доведено ефективність застосування розробленої інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць з використанням біоміметичної технології «штучна кутикула» для

поліпшення структурних і фізіологічних характеристик шкаралупи як біокерамічного захисного шару інкубаційних яєць, котра полягає в утворенні на поверхні яйця захисної плівки з суміші штучних і природних матеріалів, що регулює рівень газопроникності шкаралупи яєць курей та зменшує рівень мікробіологічного забруднення.

2. Встановлено вплив порушень утримання та годівлі курей-несучок на зміну якісного складу структуроутворюючих білково/пептидних складових біокерамічного шару шкаралупи яєць курей, зокрема овоклеїдину-17 та низки середньомолекулярних пептидів зі значеннями молекулярних мас від 455 до 881 а.о.м. Ступінь «чутливості» морфологічних і біохімічних параметрів біокерамічних структур інкубаційних яєць курей щодо дії негативних чинників довкілля залежить від породи і кросу птиці; при цьому високий рівень зазначених параметрів корелює з показником яєчної продуктивності.

3. Доведено, що дія негативних чинників різного походження на інкубаційне яйце курей супроводжується появою замість карбонату кальцію (кальциту) інших кристалічних форм цієї речовини, а саме арагоніту та ватериту, які, в свою чергу, призводять до загального розрихлення та розупорядкованості шарів карбонату кальцію з наступними негативними фізіологічними наслідками для розвитку ембріона.

4. Розроблений метод визначення в інкубаційних яйцях курей антибіотиків на основі мас-спектрометрії з плазмовою десорбцією (ПДМС) є найбільш чутливим до триметоприму: пік іонів даного антибіотика достовірно ідентифікований при його концентрації у зразку 0,1-0,2 мкг; для всіх інших препаратів, що були в досліді, найнижчий рівень прояву 4-5 мкг на зразок.

5. Розроблена недорога і непрацемістка технологія отримання на поверхні інкубаційних яєць захисної «штучної кутикули» передбачає проведення зрошування яєць у лотках (за 5-30 хв. до інкубації) дрібнодисперсним аерозолем (0,5-3,0 мкм) робочого розчину композиції із розрахунку 1500 мл на 1500 яєць курей.

6. Винайдено, що оптимальний хімічний склад композиції для обробки яєць у технології «штучна кутикула» є наступним: хітозан (кислоторозчинний) у наддоцтовій кислоті (рН 3,0), 0,1-3,0; ультра-, нанодисперсний діоксид титану ( $TiO_2$ ) в анатазній кристалічній формі (діаметр часток 2,0-0,2 мкм), 0,1-3,0; жовтий залізоокисний пігмент (оксид заліза (III)  $Fe_2O_3$ , 0,1-3,0; пероксид водню ( $H_2O_2$ ), 0,5-5,5; сульфат міді ( $CuSO_4$ ), 1,0-2,5; пом'якшувач води (ЕДТА) 0,1; мікроелементи (магній, кобальт, цинк), 0,1 та вода до 100 мас. %.

7. Експериментально доведено, що використання композиції для утворення на інкубаційних яйцях курей захисного покриття «штучна кутикула», що складається з кислоторозчинного хітозану, наддоцтової кислоти (НОК), ультра-, нанодисперсного діоксиду титану  $TiO_2$ , жовтого залізоокисного пігменту (оксиду заліза (III)  $Fe_2O_3$ , пероксиду водню ( $H_2O_2$ ), сульфату міді ( $CuSO_4$ ), забезпечує підвищення показнику виводимості яєць курей на 6,3-20,3%, стимулює розвиток ембріонів, дозволяє знизити кількість патогенної мікрофлори на поверхні яєць протягом інкубації на 98,6-99,03% від контролю,

сприяє покращенню збереженості молодняку курей (на 2,9%).

8. Винайдена емпірична залежність – збільшення прояву позитивного ефекту технології «штучна кутикули» на перебіг інкубаційного процесу тісно корелює зі зниженням якісних показників яєць і зниженням вихідного показнику виводимості, притаманного певним породам та кросам курей.

9. Доведено механізм дії хімічних складових «штучної кутикули» на інкубаційні яйця курей, який складається з наступних стадій: 1) розрихлення пероксидними сполуками кальцитного шару шкаралупи яєць, що поліпшує газообмін та обмін речовин ембріонів протягом інкубації; 2) знищення мікроорганізмів на поверхні яєць пероксидними сполуками, наночастками оксидів титану та заліза і іонами міді; 3) запобігання вторинної контамінації яєць на пізніх стадіях інкубації газопроникною хітозановою плівкою.

10. Використання технології «штучна кутикула» зумовлює поліпшення обміну речовин ембріонів, про що свідчить вірогідне підвищення вмісту у сироватці крові і тканинах добового молодняку курчат (Ломанн браун): гемоглобіну, заліза, міді, загального білку, лізоцимної активності, загальних ліпідів, холестерину, кальцію, креатинину, а також оптимізує вуглеводневий та кальцій-фосфорний обмін (зниження вмісту глюкози,  $\alpha$ -амілази та фосфору).

11. Виробничими дослідженнями доведено, що підвищення показників виводимості при використанні технології «штучна кутикула» залежить від генетичних особливостей птиці (породи, кросу) і варіює від 6,3% (Бірківська барвіста) до 20,3% (Полтавська глиняста).

12. Експериментально показано, що використання технології «штучна кутикула» поліпшує стан обміну речовин та імунний статус молодняку курей без застосування синтетичних препаратів, зокрема антибіотиків, синтетичних біоцидних речовин, інших екологічно небезпечних інгредієнтів.

13. Дослідженнями корозійної дії робочого розчину «штучної кутикули» на нержавіючу сталь доведено, що втрата маси зразку сталі при нанесенні 1,0% розчину у 459,3 рази нижча порівняно з 2% розчином гідроксиду натрію. Змивання водою ( $t^0=60-80^0$  C) при тиску 0,4 МПа та витратах 2 л/м<sup>2</sup> забезпечує повне видалення складових «штучної кутикули» з поверхонь інкубаційних лотків.

14. Економічний ефект від застосування технології «штучна кутикула» на 1000 інкубаційних яєць становить 1192,1 грн.

### **Пропозиції виробництву**

З метою оптимізації технології інкубації і покращення санітарно-гігієнічних та економічних показників при виводі і подальшому вирощуванні молодняку курей різних кросів рекомендуємо:

1. Для зниження ризику негативного впливу на ембріон курей, що розвивається, використовувати екологічно безпечну речовину природного походження хітозан (патент № 59917), що сприяє уникненню використання в технології передінкубаційної обробки яєць небезпечних речовин хімічного походження.

2. Використовувати дезінфікуючий розчин хітозану кислоторозчинного з НОК і  $TiO_2$  (анатазна кристалічна форма, ступінь

дисперсності – нанодисперсна), з жовтим залізоокисним пігментом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (ступінь дисперсності – ультрадисперсна),  $\text{H}_2\text{O}_2$  та 1%  $\text{CuSO}_4$  (патенти № 72945, 93549, 93550, 93551).

3. Для нанесення біоцидної плівки «штучна кутикула» на інкубаційне яєце в технології передінкубаційної обробки доцільно використовувати простий і недорогий метод – розприскування рідини робочого розчину.

4. Для покращення контролю за якістю сільськогосподарської продукції рекомендуємо у технології виробництва продуктів тваринництва використовувати метод експрес-визначення антибіотиків в інкубаційних яйцях курей за допомогою м'якоіонізаційної часопрольотної плазмово-десорбційної мас-спектрометрії, що значно здешевлює та прискорює процедуру аналізу в порівнянні з відомими методами (патент № 60485).

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Монографії:

1. **Бордунова О. Г.** Мікроструктура шкаралупи пташиних яєць за норми та при патологіях : монографія / **О. Г. Бордунова.** – Суми : Університетська книга, 2012. – 168 с.

2. Використання м'якоіонізаційної мас-спектрометрії в аналітичній біохімії сільськогосподарського спрямування / [О. М. Царенко, В. Д. Чіванов, В. І. Єрмоменко та ін.]. – Суми : «Закарпатський вал», 2001. – 200 с. (*Дисертант написала розділи: «Дослідження в галузі біохімії сільськогосподарських тварин та продукції тваринництва. Метод експрес-аналізу ліпідної фракції біологічних рідин і тканин на основі мас-спектрометрії» (С. 123-129); «Використання PDMS в птахівництві» (С. 146-165). Дисертант розробила методики використання ПДМС у дослідженнях продуктів птахівництва; підготувала монографію до друку).*

3. Економіка та екологія виробництва продукції птахівництва на основі прогресивних технологій / [О. М. Царенко, Г. О. Богданов, П. П. Достоевський та ін.] – Суми : «Закарпатський вал», 1999. – 232 с. (*Дисертант написала розділи: «Новий економічний високоефективний засіб передінкубаційної обробки яєць препаратами на основі четвертинних амонійних сполук» (С.107-110), «Новий економічний високоефективний засіб передінкубаційної обробки яєць препаратами на основі четвертинних амонійних сполук» (С. 167-169), «Вплив забруднення атмосферного повітря на патогенну і коменсальну мікрофлору» (С. 175-177), «Новітні уявлення щодо ультраструктури фізіології та біохімії шкаралупи яєць птахів» (С. 177-180).*

4. Шляхи прискорення науково-технічного прогресу у птахівництві / [О. М. Царенко, А. Б. Байдевятов, Г. О. Богданов та ін.]. – Суми : «Закарпатський вал», 1999. – 282 с. (*Дисертант написала розділи: «Поверхнево-активні речовини та їх застосування у ветеринарній медицині» (С. 226-244), «Екологічно-чисті і високоефективні засоби для передінкубаційної обробки яєць, інкубаторів, технологічного обладнання пташників («ВВ-1») і прихованих вогнищ інфекції («ВВ-5»))» (С. 244-254).*

### Статті у фахових виданнях:

5. **Бордунова О. Г.** Білково-пептидні складники біокерамічного шару курячих яєць / **О. Г. Бордунова**, Т. О. Чернявська, В. Д. Чіванов // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 1. – С. 32-35. *(Дисертант провела дослідження, проаналізувала отриманні результати).*

6. **Бордунова О. Г.** Біометрична технологія захисту інкубаційних яєць курей з використанням нанокмпозитів хітозану і діоксиду титана / **О. Г. Бордунова**, Є. А. Самохіна, В. Д. Чіванов // Таврійський науковий вісник. – Херсон : Айлант, 2008. – Вип. 56. – С. 104-115. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, підготувала статтю до друку).*

7. **Бордунова О. Г.** Визначення механізмів біоцидної дії дезінфектантів «Virkon» та «Virkon – S» / **О. Г. Бордунова**, В. П. Бородай // Вісник Сумського державного аграрного університету. – Суми, 1999. – Вип. 4. – С. 21-24. *(Дисертант провела дослідження, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

8. **Бордунова О. Г.** Дезінфектанти для ветеринарної медицини на основі поверхнево-активних речовин (перспективні напрямки, розробки і використання) / **О. Г. Бордунова** // Вісник Сумського державного аграрного університету. – Суми, 1998. – Вип. 2. – С. 147-150.

9. **Бордунова О. Г.** Деякі аспекти молекулярного механізму біоцидної дії дезінфектанта «ВВ-1» / **О. Г. Бордунова**, Ю. А. Байдевліатов, В. Д. Чіванов // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 12. – С. 43-45. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

10. **Бордунова О. Г.** Деякі біотехнологічні та біофізичні аспекти «штучної кутикули» для інкубаційних яєць / **О. Г. Бордунова** // Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва УААН. – Харків, 2004. – № 87. – С. 26-31.

11. **Бордунова О. Г.** До питання захисних покриттів для інкубаційних яєць / **О. Г. Бордунова**, Т. О. Чернявська, В. Д. Чіванов // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 9. – С. 40-43. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

12. **Бордунова О. Г.** Дослідження мембранотропної активності хімічних складових захисних покриттів «штучна кутикула» для інкубаційних яєць / **О. Г. Бордунова** // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вінниця, 2005. – Вип. 22. – С. 82-84.

13. **Бордунова О. Г.** Исследование диффузионных процессов в биокерамическом защитном слое скорлупы птичьих яиц / **О. Г. Бордунова** // Птахівництво : міжвід. темат. науково-виробничий зб. ІТ НААН. – Х., 2013. – Вип. 70. – С. 43-49.

14. **Бордунова О. Г.** Математична модель для прогнозування якісних показників захисних структур інкубаційних яєць курей, які зазнали дії негативних чинників довкілля / **О. Г. Бордунова** // Вісник Сумського національного аграрного університету : науково-методичний журнал : серія «Тваринництво». – Суми, 2003. – Вип. 7. – С. 27-33.

15. **Бордунова О. Г.** Механізм біоцидної дії полімерних дезінфектантів для промислового птахівництва 1. Визначення молекулярних «мішеней» дезінфектанту «ВВ-1» / О. Г. Бордунова // Вісник Сумського державного аграрного університету. – Суми, 1999. – Вип. 3. – С. 18-22.

16. **Бордунова О. Г.** Наноккомпозит хітозану і діоксиду титану у біоміметичній технології захисту інкубаційних яєць сільськогосподарської птиці / **О. Г. Бордунова** // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Птахівництво». – Бірки, 2010. – Вип. 65. – С. 116-127.

17. **Бордунова О. Г.** Показники газопроникності інкубаційних яєць курей різних порід та кросів / **О. Г. Бордунова, Є. А. Самохіна** // Таврійський науковий вісник. – Херсон, 2004. – Вип. 30. – С. 134-140. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

18. **Бордунова О. Г.** Про вплив дезінфектантів для передінкубаційної обробки яєць на дихання та окислювальне фосфорилування в тканинах курячих ембріонів / **О. Г. Бордунова** // Вісник Сумського державного аграрного університету : серія «Тваринництво». – Суми, 2002. – Вип. 6. – С. 59-66.

19. **Бордунова О. Г.** Прогнозування якості інкубаційних яєць / **О. Г. Бордунова, Т. О. Чернявська, В. Д. Чіванов** // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 6. – С. 53-58. *(Дисертант провела дослідження, проаналізувала отриманні результати, підготувала статтю до друку).*

20. **Бордунова О. Г.** Рентгенівська дифрактометрія та електронна мікроскопія шкаралупи яєць курей за умов харчового токсикозу та домішок цеолітів у кормі / **О. Г. Бордунова, І. О. Шкурат** // Вісник Сумського державного аграрного університету : серія «Тваринництво». – Суми, 2001. – Вип. 5. – С. 17-21. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

21. **Бордунова О. Г.** Технологія захисту інкубаційних яєць курей з використанням композитів хітозану і жовтого залізоокисного пігменту ( $Fe_2O_3$ ) / **О. Г. Бордунова** // Наук.-техн. бюл. ін-ту біології тварин та Держ. н.-д. контрол. ін-ту ветпрепаратів та корм. добавок. – 2012. – Вип. 13. – № 1/2. – С. 180-184.

22. **Бордунова О. Г.** Удосконалення технології інкубації яєць курей з використанням хітозану / **О. Г. Бордунова, О. М. Байдевятова, В. Д. Чіванов** // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького. – Львів, 2011. – Т. 13. – № 4 (50). – Ч. 3. – С. 3-6. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

23. **Бордунова О. Г.** «Штучна кутикула» (ARTificial cutiCLE - ARTICLE) для захисту інкубаційних яєць курей щодо патогенної мікрофлори: композиція на основі хітозану та нанодисперсного оксиду заліза  $Fe_2O_3$  / **О. Г. Бордунова** // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького. – Львів, 2013. – Т. 15. – № 3 (57). – Ч. 3. – С. 273-277.

24. Вивчення молекулярної дії дезінфектантів на основі четвертинних амонієвих сполук для птахівництва / **О. Г. Астраханцева, Т. О. Чернявська,**



**О. Г. Бордунова** [та ін.] // Вісник Сумського національного аграрного університету : серія «Тваринництво». – Суми, 2008. – Вип. 10 (15). – С. 4-7. (Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).

25. Екологічно безпечні дезінфектанти для птахівництва / О. М. Царенко, **О. Г. Бордунова**, А. Б. Байдевлятов [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 7. – С. 30-33. (Дисертант провела дослідження, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).

26. Регулювання ступеня газопроникності захисних структур інкубаційних яєць курей у біоміметичній технології «ARTICLE» / **О. Г. Бордунова**, Г. П. Котенджи, Є. А. Самохіна [та ін.] // Вісник Сумського національного аграрного університету : серія «Тваринництво». – Суми, 2004. – Вип. 5 (8). – С. 13-18. (Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати).

27. Сонофоретичний транспорт біологічно-активних речовин через біокерамічні захисні структури пташиних яєць / **О. Г. Бордунова**, Є. А. Самохіна, В. Д. Чиванов [та ін.] // Вісник Сумського національного аграрного університету : серія «Тваринництво». – Суми, 2005. – Вип. 9-10. – С. 156-161. (Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).

#### Статті у зарубіжних виданнях та тих, що входять до науково-метричних баз:

28. **Бордунова О. Г.** Белково-пептидные составляющие биокерамического матрикса скорлупы инкубационных яиц кур под влиянием различных факторов среды / **О. Г. Бордунова**, В. И. Еременко, В. Д. Чиванов // Сельскохозяйственная биология : серия «Биология животных». – 2005. – № 6. – С. 51-55. (Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).

29. **Бордунова О. Г.** Вивчення впливу негативних чинників довкілля на фазовий склад біокерамічних шарів шкаралупи курячих яєць / **О. Г. Бордунова** // Вісник Сумського НАУ : серія «Тваринництво». – Суми, 2015. – Вип. 2 (27). – С. 96-101.

30. **Бордунова О. Г.** Метод мягкоионизационной масс-спектрометрии в определении механизмов взаимодействия дезинфицирующих препаратов с оболочками и скорлупой инкубационных яиц кур / **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов, А. Б. Байдевлятов // Сельскохозяйственная биология : серия «Биология животных». – 1997. – № 2. – С. 78-82. (Дисертант провела експериментальні дослідження, підготувала статтю до друку).

31. **Бордунова О. Г.** Поліпшення обміну речовин та імунного статусу молодняку курей технологією «Штучна кутикула» (ARTificial cutiCLE-ARTICLE) для захисту інкубаційних яєць / **О. Г. Бордунова**, Р. В. Денисов, В. Д. Чиванов // Вісник Сумського НАУ : серія «Тваринництво». – Суми, 2014. – Вип. 7 (23). – С. 113-118. (Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).

32. Метод экспресс обнаружения антибиотиков в мясопродуктах с помощью времяпролетной плазменно-десорбционной масс-спектрометрии / В. Чиванов, Л. Гребеник, **О. Бордунова** [и др.] // Журнал аналитической химии (РАН). – 1997. – № 11. – С.1105-1109. *(Дисертант розробила методику підготовки зразків антибіотиків до досліджень методом мас-спектрометрії).*

33. Усовершенствованная методика подготовки проб белков и пептидов в масс-спектрометрии с ионизацией осколками деления калифорния-252 (TOF-PDMS) / В. Чиванов, Р. Зубарев, **О. Бордунова** [та ін.] // Биоорганическая химия. – 1996. – Т. – 22. – № 8. – С. 585-588. *(Дисертант розробила методику підготовки зразків білків до досліджень методом мас-спектрометрії).*

34. Bordunova O. G. Experimental and theoretical studies of surface-active disinfectant for industrial poultry / **O. G. Bordunova**, A. V. Baidevlatov // Quality of Eggs and Eggs Products. – Bologna, Italy, 1999. – Vol. II. – P. 595-601. *(Дисертант провела дослідження, підготувала статтю до друку).*

#### **Матеріали та тези наукових конференцій:**

35. **Bordunova O.** Interaction of multicomponent disinfectant with incubation egg shell / **O. Bordunova**, V. Chivanov, A. Baidevlatov // 10-th European Poultry Conference «The poultry Industry Towards 21<sup>st</sup> Century», June 21-26 1998. – Jerusalem, Israel, 1998. – P. 117. *(Дисертант провела дослідження, узагальнила результати, підготувала тези до друку).*

36. **Bordunova O.** Spectrometric Investigation of the Interaction of the new «BB-1» Disinfectant with an egg shell / **O. Bordunova**, A. Baidevlatov, V. Chivanov // Proceedings 11-th European Symposium on Water fowl, September 8-10 1997. – NANTES, France, 1997. – P.479-482. *(Дисертант провела дослідження, підготувала статтю до друку).*

37. Chivanov V. PDMS as a Technique for Characterization of Biomolecules Adhesion on Natural and Artificial Surfaces / V. Chivanov, T. Kalinichenko, **O. Bordunova** // Abstracts of 14-th International Mass Spectrometry Conference, 25-29 August 1997. – Tampere, Finland, 1997. – P. 116. *(Дисертант провела дослідження, узагальнила результати, підготувала тези до друку).*

38. Nanochemistry and Nanobiotechnology Composition for protection of hatchable eggs against pathogenic microbial flora / [**O. G. Bordunova**, R. V. Denysov, T. O. Chernyavska, V. D. Chivanov] // Nanotechnology and nanomaterials : 2nd International research and practice conference, August 27-30 2014. – Ivan Franko National University. – Lviv, 2014. – P. 66. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала тези до друку).*

39. Stalosan<sup>®</sup>F – нанодезінфектант ХХІ сторіччя: фундаментальні та прикладні аспекти використання у птахівництві / **О. Г. Бордунова**, В. В. Попсуй, О. Г. Астраханцева [та ін.] // «Птахівництво – 2009» : матеріали V міжнар. конф., 21-24 вересня 2009 р. – Судак, 2009. – С. 6–8. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

40. Астраханцева О. Г. Биометрические защитные покрытия для инкубационных яиц на основе хитозана и ультрананодисперсных частиц диоксида титана  $TiO_2$  и оксида железа (III)  $Fe_2O_3$  / О. Г. Астраханцева, **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов // Молодежь и инновации-2009 : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвященная 170-летию УОБГСХФ, 3-5 июня 2009 г. – Горки, 2009. – Ч. 1 – С. 264-265. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала тези до друку).*

41. Астраханцева О. Г. Захисні покриття для інкубаційних яєць на основі хітозану і ультрадисперсних часток оксиду заліза (III)  $Fe_2O_3$  / О. Г. Астраханцева, **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов // Міжнар. наук.-практ. конф. викладачів, аспірантів та студентів : тези доп., 8-25 квітня 2008 р. – Сумський національний аграрний університет. – Суми : ВТД «Довкілля», 2008. – С. 3. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала тези до друку).*

42. Астраханцева О. Г. Фотокаталітичні захисні покриття для інкубаційних яєць на основі нанодисперсних  $TiO_2$  та  $Fe_2O_3$  / О. Г. Астраханцева, **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов // Nanobiophysice: Fundamental and Applied aspects. NBP-2009 : International Conference : Book of Abstracts, October 5-8 2009. – В. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering National Academy of Sciences of Ukraine. – Kharkov, 2009. – P. 86. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала тези до друку).*

43. Астраханцева О. Г. Изменения газопроницаемости скорлупы яиц кур разных пород в технологии «Искусственная кутикула» (ARTICLE) / О. Г. Астраханцева, **О. Г. Бордунова** // Молодежь и инновации-2013 : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 29-30 мая 2013 г. – Горки, 2013. – Ч. 3. – С. 10-13. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

44. Байдевятова О. М. Зміни газопроникності шкаралупи яєць курей різних порід у технології «Штучна кутикула» ARTICLE / О. М. Байдевятова, **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов // «Актуальные проблемы современного птицеводства» : статьи XIY Украинской конференции по птицеводству с международным участием. – Алушта, 16-19 сентября 2013 г. – Птахівництво : міжвід. темат. наук. зб. – ІТ НААН. – Харків, 2013. – Вип. 69. – С. 15-24. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

45. Байдевятова О. М. Фотокаталітично активні наночастки двоокису титану в органічних матрицях як захисні покриття для інкубації / О. М. Байдевятова, **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов // Зоотехнічна наука Поділля : історія, проблеми, перспективи : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 16-18 берез. 2010 р. – Кам'янець-Подільський, 2010. – С. 26-27. *(Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала тези до друку).*

46. Биомиметические защитные покрытия для птицеводства на основе нанокompозитов хитозана и  $TiO_2$  (nanoTiARTICLE) / [Е. А. Самохина, **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов, В. И. Еременко] // Нанорозмірні системи: будова-властивості-технології (НАНСИС-2007) : матеріали міжнар. конф., 21-23 листопада 2007 р. – Київ, 2007. – С. 437. (Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала тези до друку).

47. **Бордунова О. Г.** М'якоіонізаційна мас-спектрометрія в дослідженні біомолекул / **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов // Вісник Сумського державного аграрного університету : науково-методичний журнал : серія «Тваринництво» : матеріали міжнар. конф. «Використання каротиноїдів мікробного походження в агропромисловому комплексі», 2-4 жовтня 2002 р. – Суми, 2002. – С. 116-123. (Дисертант провела дослідження, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).

48. **Бордунова О. Г.** Проект «Искусственная кутикула для инкубационных яиц» / **О. Г. Бордунова** // Научно-прикладные аспекты состояния и перспективы развития животноводства и ветеринарной медицины : материалы междунар. науч.-практ. конф. 24-26 апреля 2001 г. – Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И. И. Иванова. – Курск, 2001. – С. 29-30.

49. Денисов Р. В. Метод экспресс-анализа липидной фракции биологических жидкостей и тканей на основе масс-спектрометрии / Р. В. Денисов, **О. Г. Бордунова**, Л. В. Бондарчук // Молодежь и инновации-2013 : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 29-30 мая 2013 г. – Горки, 2013. – Ч. 2. – С. 366. (Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).

50. Самохіна Є. А. Фізичні та хімічні фактори в ембріостимуляції інкубаційних яєць курей / Е. А. Самохіна, **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чиванов // 2-й з'їзд українського товариства клітинної біології, 23-26 жовтня 2007 р. : тези доп. – КНУ ім. Т. Шевченка. – Київ, 2007. – С. 87. (Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала тези до друку).

#### Методичні рекомендації:

51. Використання дезінфікуючих препаратів у промисловому птахівництві : науково-практичні рекомендації / **О. Г. Бордунова**, М. В. Чорний, В. Д. Чиванов [та ін.]. – Суми : СДУ, 2013. – 43 с. (Дисертант охарактеризувала сучасні дезінфектанти, що використовуються в птахівництві, описала порядок проведення бактеріального контролю за якістю дезінфекції шкаралупи яєць, підготувала рекомендації до друку).

52. Використання плазмово-десорбаційної мас-спектрометрії в дослідженнях продуктів птахівництва та тваринництва : методичні рекомендації / **О. Г. Бордунова**, А. Й. Краєвський, В. Д. Чиванов [та ін.]. – Суми : Козацький вал, 2009. – 35 с. (Дисертант описала розроблені методики

використання ПДМС у дослідженнях продуктів птахівництва; підготувала рекомендації до друку).

53. Економіко-екологічні, технологічні і санітарно-гігієнічні основи підвищення ефективності виробництва яєць у птахівничих господарствах України : методичні рекомендації / О. М. Царенко, Г. О. Богданов, П. П. Достоевський [та ін.]. – Суми : Мрія, 1998. – 44 с. (*Дисертант описала ветеринарно-санітарні і гігієнічні заходи у цеху інкубації; підготувала рекомендації до друку*).

54. Економічні, екологічно чисті та нешкідливі сануючі засоби групи ПАР пролонгованої дії для дезінфекції інкубаційних яєць, технологічного устаткування та прихованих вогнищ інфекції : методичні рекомендації для виробництва / О. М. Царенко, Г. О. Богданов, П. П. Достоевський [та ін.]. – Суми : Мрія, 1998. – 23 с. (*Дисертант описала прийоми і технологію передінкубаційної обробки яєць препаратом «ВВ-1»; підготувала рекомендації до друку*).

55. Методичні рекомендації по удосконаленню і впровадженню у виробництво економіко-екологічних, технологічних і ветеринарно – санітарних заходів по виробництву м'яса бройлерів на Україні / Г. О. Богданов, П. П. Достоевський, В. Ф. Горжеєв [та ін.]. – Суми : Мрія, 1998. – 38 с. (*Дисертант описала ветеринарно-санітарні вимоги, що ставляться до птахофабрик; підготувала рекомендації до друку*).

56. Профілактика хвороби Марека : методичні рекомендації / П. П. Достоевський, П. А. Романюк, М. В. Косенко [та ін.]. – Київ, 1998. – 16 с. (*Дисертант описала методику застосування дезінфектантів групи «ББ»*).

57. Технології захисту інкубаційних яєць курей з використанням композитів хітозану і оксидів металів ( $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ) : науково-практичні рекомендації / **О. Г. Бордунова**, М. В. Чорний, М. П. Лузан [та ін.]. – Суми : СДУ, 2013. – 10 с. (*Дисертант описала методики приготування розчинів препарату «штучна кутикула» з використанням композитів хітозану і оксидів металів ( $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ); підготувала рекомендації до друку*).

#### Патенти:

58. Пат. 60485 Україна, А, 7 G 01 J 3/28. Мас-спектрометричний спосіб визначення антибіотиків в м'ясопродуктах та харчових і інкубаційних яйцях / **Бордунова О. Г.**, Бондарчук Л. В.; заявник і патентовласник Сумський НАУ. – № 2002108080; заяв. 11.10.2002; опубл. 15.10.2003, Бюл. № 10. (*Дисертант провела експериментальні дослідження та оформила заявку на патент*).

59. Пат. 80939 Україна, МПК А 61 В 5/00, G 01 N 33/49. Мас-спектрометричний спосіб діагностування хвороби Марека у курей / **Бордунова О. Г.**, Чіванов В. Д., Бондарчук Л. В., Семьонов Д. М.; заявник і патентовласник Сумський НАУ. – № 2003076566; заяв. 14.07.2003; опубл. 26.11.2007, Бюл. № 19. (*Дисертант провела експериментальні дослідження та оформила заявку на патент*).

60. Пат. 59917 Україна, МПК А 01 К 43/00, А 01 К 41/00. Спосіб захисту інкубаційних яєць курей покриттям з хітозану / **Бордунова О. Г.**,

Астраханцева О. Г., Байдевятова О. М., Чіванов В. Д.; заявник і патентовласник Сумський НАУ. – № у 2010 11919; заяв. 08.10.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11. *(Дисертант провела експериментальні дослідження та оформила заявку на патент).*

61. Пат. 72945 Україна, МПК А61L 2/18 (2006.01). Композиція для захисту інкубаційних яєць курей / **Бордунова О. Г.**, Астраханцева О. Г., Байдевятова О. М., Чіванов В. Д.; заявник і патентовласник Сумський НАУ. – № у 2011 12186; заяв. 18.10.2011, опубл. 10.09.2012, Бюл. № 17. *(Дисертант провела експериментальні дослідження та оформила заявку на патент).*

62. Пат. 99538 Україна, МПК С09С 1/22 (2006.01) С09С 1/24 (2006.01) С09С 1/62 (2006.01) С09С 3/06 (2006.01). Спосіб одержання чорного залізоокисного пігменту / Василенко А. А., Чіванов В. Д., **Бордунова О. Г.**; заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпропетровськ. – № а 2011 01341; заяв. 07.02.2011, опубл. 27.08.2012, Бюл. № 16. *(Дисертант провела експериментальні дослідження).*

63. Пат. 93549 Україна, МПК А01К 43/00 (2014.01). Композиція для дезінфекції інкубаційних яєць курей / **Бордунова О. Г.**; заявник і патентовласник Сумський НАУ. – № у 2014 03517; заяв. 07.04.2014, опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.

64. Пат. 93550 Україна, МПК А01К 43/00 (2014.01). Композиція для захисту інкубаційних яєць курей щодо патогенної мікрофлори / **Бордунова О. Г.**; заявник і патентовласник Сумський НАУ. – № у 2014 03518; заяв. 07.04.2014, опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.

65. Пат. 93551 Україна, МПК А01К 43/00 (2014.01). Композиція для знищення патогенної мікрофлори на поверхні інкубаційних яєць курей / **Бордунова О. Г.**; заявник і патентовласник Сумський НАУ. – № у 2014 03519; заяв. 07.04.2014, опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.

#### **Статті у наукових періодичних виданнях суміжних галузей науки:**

66. **Бордунова О. Г.** Екологічно безпечні технології «*ARTICLE*» для захисту інкубаційних яєць курей від патогенної мікрофлори / **О. Г. Бордунова** // Вісник СНАУ : серія «Ветеринарна медицина». – Суми, 2014. – № 1 (34). – С. 61-63.

67. Дослідження дії надацтової кислоти на структурні показники та рівень газопроникності шкаралупи інкубаційних яєць курей. / **О. Г. Бордунова**, О. Г. Астраханцева, Т. О. Чернявська [та ін.] // Вісник Сумського національного аграрного університету : серія «Ветеринарна медицина». – Суми, 2014. – Вип. 6 (35). – С. 70-74. *(Дисертант розробила методiku проведення досліджень, узагальнила результати, підготувала статтю до друку).*

68. **Бордунова О. Г.** Біоцидна активність препаратів «штучна кутикула» («*ARTICLE*») для передінкубаційної обробки яєць / **О. Г. Бордунова** // Науковий вісник ветеринарної медицини : зб. наук. праць. – Біла Церква, 2011. – Вип. 8. – С. 19-22.

69. **Бордунова О. Г.** Дезінфектанти для ветеринарної медицини на основі поверхнево-активних речовин: перспективні напрямки розробки і використання / **О. Г. Бордунова** // Ветеринарна медицина України. – 1999. – № 12. – С. 34.

70. **Бордунова О. Г.** Дослідження гемолітичної деструкції мембран еритроцитів під впливом дезінфектантів на основі поверхнево-активних речовин / **О. Г. Бордунова**, Н. І. Ізмайлова // Вісник Сумського державного аграрного університету. – Суми, 1998. – Вип. 2. – С. 150-153. (*Дисертант розробила методику досліджень, провела експерименти, узагальнила результати*).

71. **Бордунова О. Г.** Електронно-мікроскопічне дослідження особливостей структуроутворення плівок дезінфектантів «Virosid» та «CID-20» на поверхні інкубаційних яєць / **О. Г. Бордунова**, В. Д. Чіванов // Вісник Сумського державного аграрного університету : серія «Ветеринарна медицина». – Суми, 2001. – Вип. 6. – С. 15-20. (*Дисертант розробила методику проведення експериментів, узагальнила результати, підготувала статтю до друку*).

72. **Бордунова О. Г.** Молекулярний механізм дії дезінфектантів на основі четвертинних амонієвих сполук для птахівництва / **О. Г. Бордунова** // Вісник Сумського національного аграрного університету : серія «Ветеринарна медицина». – Суми, 2011. – Вип. 2 (29). – С. 33-35.

73. **Бордунова О. Г.** Порівняльна ефективність транспортування біологічно-активних речовин через шкаралупу інкубаційних яєць в технологіях «in ovo» / **О. Г. Бордунова** // Вісник СНАУ : серія «Ветеринарна медицина». – Суми, 2010. – № 3. – С. 20-24.

74. Конструювання антибактеріальних покриттів для біокераміки за біоміметичним принципом : мас-спектрометричні та електронно-мікроскопічні дослідження / **О. Г. Бордунова**, Л. Ф. Суходуб, А. Ю. Волянський [та ін.] // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Ветеринарна медицина» ННЦ «ІЕіКВМ». – Харків, 2009. – Вип. 92. – С. 476-483. (*Дисертант провела дослідження за розробленою методикою, підготувала статтю до друку*).

75. Молекулярні аспекти біоцидної дії дезінфектантів на основі четвертинних амонієвих сполук (ЧАС). І. Морфологія плівок ЧАС на поверхні інкубаційних яєць / **О. Г. Бордунова**, А. Б. Байдевятов, В. Д. Чіванов [та ін.] // Ветеринарна медицина : міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Харків, 2000. – Т. 78 (II). – С. 23-34. (*Дисертант розробила методику проведення експериментів, провела серію експериментів, підготувала статтю до друку*).

#### АНОТАЦІЯ

**Бордунова О. Г.** Теоретичне обґрунтування та розробка інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць курей. – На правах рукопису.

*Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.02.04 – технологія*

*виробництва продуктів тваринництва. – Миколаївський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України. – Миколаїв, 2016.*

У дисертаційній роботі подані результати комплексних досліджень з теоретичного обґрунтування, розробки та впровадження інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць курей з використанням захисних покриттів «штучна кутикула», створених за біоміметичним принципом з метою підвищення виводимості яєць, збереженості молодняку птиці та отримання високоякісної продукції птахівництва. Запропонована технологія «штучна кутикула» для захисту інкубаційних яєць курей від несприятливих для розвитку ембріонів біогенних та абіогенних чинників на основі хітозану, пероксидних сполук і каталітично-активних ультра-, нанодисперсних часток оксидів заліза і титану забезпечує підвищення показнику виводимості яєць на 6,3-20,3%, стимулює розвиток ембріонів курей, дозволяє знизити кількість патогенної мікрофлори на поверхні яєць протягом інкубації на 98,6-99,03% від контролю, дозволяє підвищувати збереженість молодняку курей на 2,9%. Вперше у практиці інкубації запропонована до використання екологічно безпечна речовина природного походження хітозан для створення на поверхні шкаралупи захисної біоцидної газопроникної плівки, що позитивно впливає на розвиток ембріонів курей.

**Ключові слова:** технологія інкубації, передінкубаційна обробка, яйця курей, шкаралупа, технологія «штучна кутикула», підвищення виводимості яєць, поліпшення збереженості молодняку, хітозан, нанодисперсні частки оксидів металів.

### АННОТАЦІЯ

**Бордунова О. Г. Теоретическое обоснование и разработка инновационной технологии прединкубационной обработки яиц кур. – На правах рукописи.**

*Диссертация на соискание научной степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.02.04 – технология производства продуктов животноводства. – Николаевский национальный аграрный университет Министерства образования и науки Украины. – Николаев, 2016.*

В диссертационной работе представлены результаты комплексных исследований, посвященных теоретическому обоснованию, разработке и внедрению в практику птицеводства инновационной технологии прединкубационной обработки яиц кур с использованием защитных покрытий «искусственная кутикула», созданных по биомиметическому принципу с целью повышения выводимости яиц и сохранности молодняка птицы, а также получения высококачественной продукции птицеводства. Предложенная технология «искусственная кутикула» для защиты инкубационных яиц кур от неблагоприятных для развивающихся эмбрионов биогенных и абиогенных факторов на основе хитозана, пероксидных соединений и каталитически активных ультра-, нанодисперсных частиц оксидов железа и титана обеспечивает повышение показателя выводимости яиц на 6,3-20,3%, стимулирует развитие эмбрионов кур, позволяет снизить количество



патогенной микрофлоры на поверхности яиц в течение инкубации на 98,6-99,03% от контроля и позволяет существенно повысить сохранность молодняка кур на 2,9%. Впервые в практике инкубации предлагается использовать для создания на поверхности скорлупы защитной биоцидной газопроницаемой пленки экологически безопасное вещество природного происхождения хитозан, положительно влияющий на развитие эмбрионов кур.

**Ключевые слова:** технология инкубации, прединкубационная обработка, яйца кур, скорлупа, технология «искусственная кутикула», повышение выводимости яиц, повышение сохранности молодняка, хитозан, нанодисперсные частицы оксидов металлов.

### SUMMARY

**Bordunova O. G. Theoretical substantiation and development of innovative technology of pre-incubation treatment of chickens' eggs. – The Manuscript.**

*The thesis for the Doctor's degree in Agricultural Sciences, speciality 06.02.04 – Technology of producing livestock products. – Mykolayiv National Agrarian University Ministry of Education and Science of Ukraine. – Mykolayiv, 2016.*

The thesis presents the results of comprehensive studies on the theoretical rationale, development and implementation in practice in poultry industry of innovative pre-incubation treatment of eggs of hens using protective coatings «artificial cuticle», created by the biomimetic principle in order to improve hatchability and survivability of chickens, as well as obtaining high-quality poultry products.

The proposed technology «artificial cuticle» to protect hatching eggs and embryos from the adverse biogenic and abiogenous factors based on chitosan, peroxide compounds and catalytically active ultra nano-dispersed particles of iron oxide and titanium enhances the hatchability of eggs by 6,3-20,3% (depending on the layers' crosses and quality of hatching eggs), stimulates the development of chicks' embryos, reduces the number of pathogenic microorganisms on the surface of the eggs during incubation by 98,6-99,03% and can significantly increase the survivability of young chickens (by 14,2%).

For the first time in the practice of incubation it is offered to use environmentally friendly substance of natural origin chitosan in order to create a protective biocidal gas permeable film on the surface of the shell. We prove the protective mechanism of «artificial cuticle» for hatching eggs of chickens comprising the following steps:

1) loosening of calcite layer of eggshells by hyperoxide compositions (peracetic acid, hydrogen peroxide) improves gas exchange and embryos' metabolism during the incubation.

2) destruction of pathogenic microorganisms on the eggshell's surface by peracetic acid, oxidative elements of «artificial cuticle» as  $\text{TiO}_2$ ,  $(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ , copper ions.

3) prevention by biocidal chitosan film of secondary contamination of the eggs during late stages of incubation.

It was shown for the first time that the influence of negative factors of different origins on the hatching hens' eggs is accompanied by the appearance of other crystalline forms of calcium carbonate (calcite) such as aragonite and vaterite, which in its turn leads to general loosening and missequencing of calcium carbonate layers with subsequent disorder of gas permeability of the developing embryo.

For the first time was determined that technology «Artificial cuticle» (ARTICLE) induces improvement of embryos' metabolism, that is proved by the increase in blood serum and tissues of day's old young chickens of cross Lohmann brown of such substances as hemoglobin, iron, copper, whole protein, common lipids, cholesterol, calcium, creatinine, and lysozyme activity with simultaneous optimization of carbohydrate and calcium-phosphoric metabolism (decrease of glucose maintenance,  $\alpha$ -amylase and phosphorus).

It was find out that the increased hatchability rate in terms of application of «artificial cuticle» technology depends on hens' breeds /crosses and original quality of hatching eggs, especially the initial condition of the eggshell. The empirical dependence had been found which is that the increase of «artificial cuticle» effect closely correlates with decrease of qualitative index of eggs and low rate of hatchability, inherent to some breeds/crosses.

It had been worked out:

a) the optimal chemical composition for treatment of eggs, which consists of acid-soluble chitosan in peracetic acid, ultra- nanodispersed titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) in anatase crystalline form, iron(III) oxide  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) and copper sulphate;

b) the method of forming of the protective coatings «artificial cuticle» on the eggshell's surface by spraying eggs in trays (with a 30 minute exposure before incubation) by fine-dispersed aerosol (0,5-3,0 mm) of span at a rate of 1500 ml for 1500 eggs.

It is proved by production experiments that economic effect of using the technology «artificial cuticle» for 1000 hatching eggs is 1192,1 UAH.

**Key words:** hatching technology, pre-hatching treatment, hens' egg, eggshell, «artificial cuticle», increase of eggs' hatchability, chicken's quality increase, chitosan, nano particle of metal oxide.

Підписано до друку 19.02.2016 р. Формат 60 × 84/16. Папір офсетн.  
Гарнітура Times New Roman.

Друк. офс. Умовн. друк. арк. 1,99. Облік. видавн. арк. 1,99.

Умов. фарбовід. 0,9. Зам. № 254, тир. 100.

Надруковано у видавничому відділі Миколаївського національного  
аграрного університету 54020, м. Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.