

**ЗМІНИ СКЛАДОВИХ БІОКРИСТАЛІЧНИХ ШАРІВ  
ШКАРАЛУПИ ІНКУБАЦІЙНИХ ЯЄЦЬ КУРЕЙ ЗА  
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ «ШТУЧНА КУТИКУЛА  
(ARTICLE)»**

**О. Г. Бордунова**, кандидат ветеринарних наук, доцент

**О. Г. Астраханцева**, здобувач

**Р. В. Денісов**, здобувач

**О. С. Лупінова**, магістр

*Сумський національний аграрний університет*

**В. Д. Чіванов**, кандидат біологічних наук, доцент

*Інститут прикладної фізики НАН України, Суми*

*Наведено результати досліджень впливу технології «штучна кутикула» для передінкубаційної обробки яєць курей на біокристалічні шари шкаралупи яєць птиці кросу Ломан браун. Експериментально доведена здатність плівки «штучної кутикули», що утворюється після обробки на поверхні яйця, обумовлювати активне поглинання біокристалічними шарами шкаралупи води у кількостях, що перевищують відповідний контрольний показник у 8-10 разів з подальшим утриманням води протягом 20 діб. Висловлюється припущення про пріоритетність явища зміни балансу «рідка-тверда (неорганічна) фази» біокристалічних шарів шкаралупи в технологіях стимулювання розвитку ембріонів сільськогосподарської птиці за допомогою водних розчинів біологічно-активних речовин, фармакологічних засобів тощо.*

**Ключові слова:** *інкубація, яйця курей, технологія «штучна кутикула», передінкубаційна обробка.*

**Постановка проблеми.** Незважаючи на те, що поліпшення технологій інкубації яєць сільськогосподарської птиці, до складу яких входить передінкубаційна обробка яєць розчинами біологічно-активних речовин, дезінфектантів, фармакологічно-активних препаратів, набули широкого застосування [1-3], механізм взаємодії цих препаратів з біокристалічними шарами шкаралупи, які представлені переважно кальцитом ( $\text{CaCO}_3$ ) і досі залишається дискусійним, тим більше, що останнім часом з'являється все більше робіт у

яких доводиться надзвичайна адсорбційна активність кальциту шкаралупи яєць, що, у свою чергу, надає певні засади для припущення того, що у механізмі стимулюючої дії водних розчинів біологічно-активних речовин чільне місце належить якраз водній складовій, яка у процесі адсорбування на кальцитних утвореннях шкаралупи може значно змінювати такі важливі параметри розвитку ембріону птаха як газообмін та теплообмін [4, 5]. Зважаючи на це, дослідження стану складових біокристалічних шарів шкаралупи як органічного, так і неорганічного походження є важливим у керуванні та оптимізації розвитку ембріонів [5].

**Аналіз актуальних досліджень.** На цей час технології передінкубаційної обробки яєць, що передбачають обприскування яєць водними розчинами різного хімічного складу, широко представлені у літературі [1], проте досліджень, що мають відношення до вивчення змін фізико-хімічних показників біокристалічних шарів шкаралупи інкубаційних яєць внаслідок дії зазначених розчинів недостатньо.

**Постановка завдання.** Метою дослідження було встановлення впливу технології «штучна кутикула» для передінкубаційної обробки яєць курей на здатність біокристалічних шарів шкаралупи: а) утримувати леткі хімічні складові (в першу чергу за значимістю пари води) і б) стійкість зазначених шарів щодо впливу високих температур.

**Методика досліджень.** Матеріалом для досліджень слугували яйця птиці кросу Ломан браун, ЗАТ «Полтавська птахофабрика», вагою 60-65 г, з непошкодженою поверхневою кутикулою (контроль). Дослідні групи (по п'ятьяєцьукожній) піддавали: а) обробці гарячою дистильованою водою з експозицією 180 с з наступним підсушуванням при 25°C протягом однієї доби та б) обробці водним розчином препарату «штучна кутикула» на основі пероксидних сполук, кислоторозчинного хітозану та суміші нанофазового діоксиду титану ( $TiO_2$ ) з діоксидом силіцію ( $SiO_2$ ) шляхом обприскування мілкодисперсним аерозолем з наступним підсушуванням при 20°C протягом 10-15 хв. до утворення тонкої плівки «штучної кутикули» [6]. Оброблені яйця витримували у ексикаторі протягом 20 діб (18-20°C). Для дослідів відбирали шматочки шкаралупи масою 5-10 мкг. Використовували метод термопрограмованої екстракції з хроматографічною реєстрацією летких речовин з твердофазових зразків (ТЕХР). Установка сконструйована та виготовлена в ІПФ НАН України на основі печі для високотемпературного спалювання, мас-

спектрометра MX7304A та газорідинного хроматографа «Селміхром» ВАТ«SELMІ», Суми, Україна [7]. Обробку отриманого експериментального матеріалу здійснювали за допомогою програмного пакету OriginPro 8. 1.

**Виклад основного матеріалу.** Проникність шкаралупи яйця щодо пари води ( $G_{H_2O}$ , мг  $H_2O$  / день інкубації Торр) являє собою стандартизований показник швидкості втрати води з яйця по відношенню до величини градієнту тиску водяної пари всередині і зовні яєчної шкаралупи. Окрім того,  $G_{H_2O}$  відображає стан «дихальної якості» яєчної шкаралупи, яка в свою чергу, залежить від таких морфологічних чинників біокристалічних шарів шкаралупи, як концентрація пор, їх довжини і товщини шару кальциту [2]. Доведено, що  $G_{H_2O}$  також впливає на показник виводимості інкубаційних бройлерних яєць, його збільшення сприяє збільшенню кисню, спожитого ембріоном, що згодом збільшує швидкість ембріонального метаболізму [2, 4-5]. Підвищення рівню метаболізму ембріону спричинює збільшення виробництва тепла ембріоном, яке, в свою чергу, призводить до підвищення внутрішньої температури яйця і багатьох різноманітних за виразністю та спрямованістю біологічних наслідків, що відображаються позитивним, або негативним чином на результатах інкубації (рис. 1).

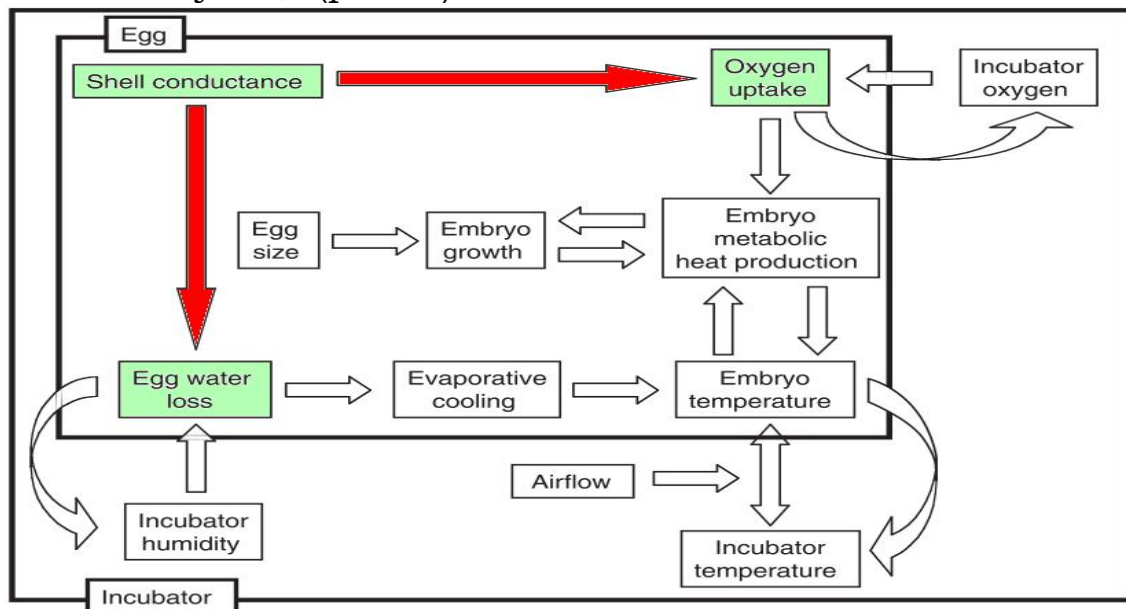


Рис. 1. **Схема взаємодії між показниками температури ембріону, кількістю тепла, що вивільняється ембріоном, характеристиками інкубаційного яйця, проникністю шкаралупи та параметрами навколишнього середовища всередині інкубаційної шафи (за N. A. French [2])**

Численними працями вітчизняних і зарубіжних дослідників доведено, що рівень вологи і наявність певної

кількості води у біокристалічному шарі шкаралупи обумовлює стан бар'єрних систем захисту яєць і забезпечує оптимальний перебіг інкубації, причому недостатній рівень вологи у інкубаційній шафі є дуже небезпечним для ембріонів. Виходячи з наведеного, автори вважали важливим дослідити за допомогою нових фізико-хімічних методів кількісний вміст води у біокристалічних шарах шкаралупи, а також вплив на зазначений показник водних розчинів, що застосовуються у технології передінкубаційної обробки «штучна кутикула» [6].

На рис. 2, 3, 4, 5 наведено результати експериментальних досліджень щодо визначення вмісту газофазових летких речовин у шкаралупі яєць курей кросу Ломан браун. Як видно з рис. 2, вміст води не перевищує 0,2-0,5 умовних одиниць (ум. од.) (інтенсивність сигналу мас-спектрометра), що свідчить на користь того, що в біокристалічному шарі шкаралупи міститься мала кількість води. Зазначимо, що у контролі також майже відсутні водень і двоокис вуглецю (в температурному діапазоні 200-250°C).

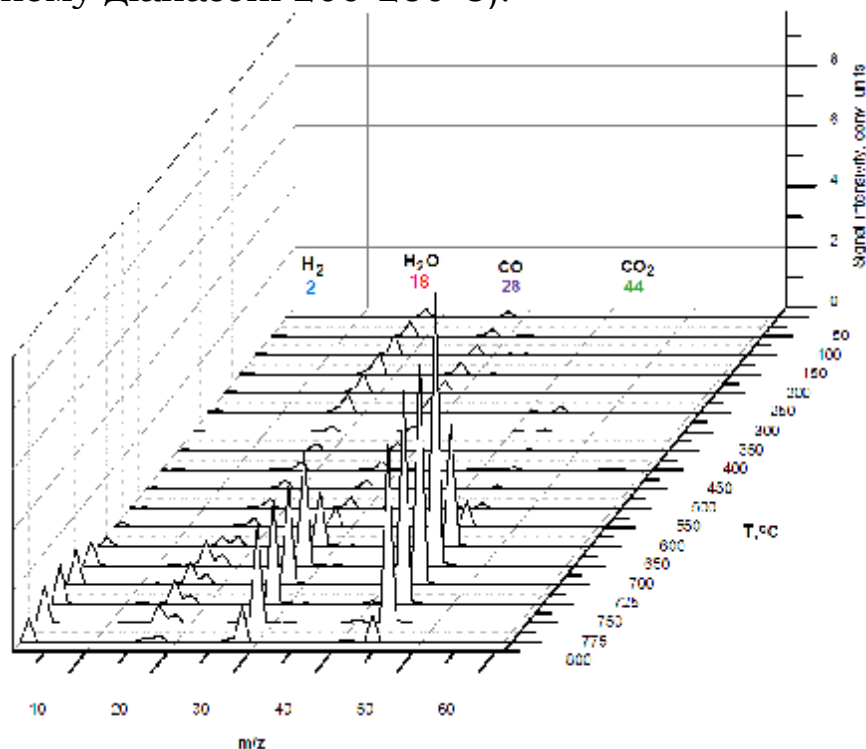


Рис. 2. Вихід газофазових речовин (водень, H<sub>2</sub>, молекулярна маса: 2 атомних одиниць маси (а. о. м. ); вода, H<sub>2</sub>O, мол. маса: 18 а. о. м.; оксид вуглецю, CO, мол. маса: 28 а. о. м.; діоксид вуглецю, CO<sub>2</sub>, мол. маса: 44 а. о. м.) зі зразку шкаралупи курячого яйця (контроль)

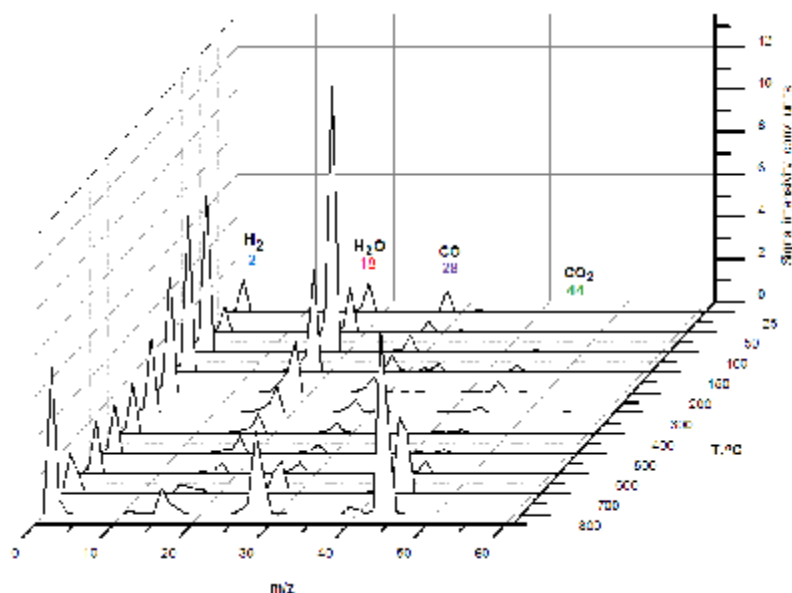


Рис. 3. Вихід газофазових речовин (водень,  $H_2$ , молекулярна маса: 2 а. о. м. ); вода,  $H_2O$ , мол. маса: 18 а. о. м.; оксид вуглецю,  $CO$ , мол. маса: 28 а. о. м.; діоксид вуглецю,  $CO_2$ , мол. маса: 44 а. о. м. ) зі зразку шкаралупи курячого яйця (обробка зразку гарячою дистильованою водою з експозицією 180 с з наступним підсушуванням при  $25^{\circ}C$  протягом однієї доби)

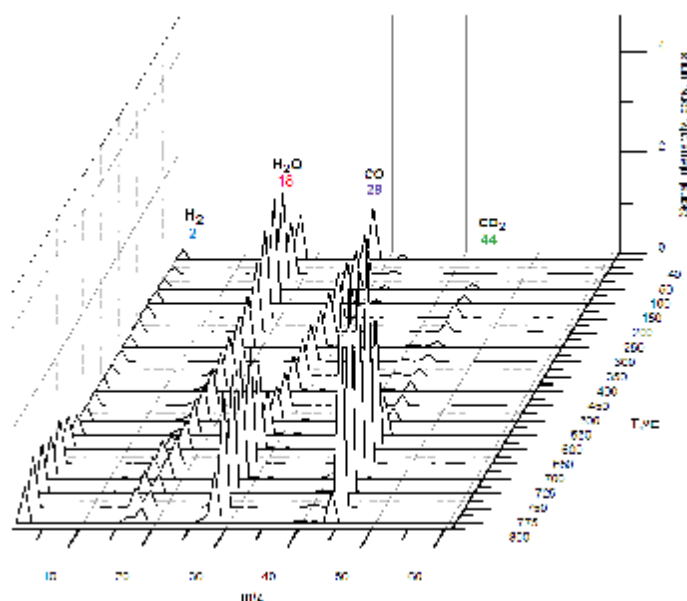


Рис. 4. Вихід газофазових речовин (водень,  $H_2$ , молекулярна маса: 2 а. о. м. ); вода,  $H_2O$ , мол. маса: 18 а. о. м.; оксид вуглецю,  $CO$ , мол. маса: 28 а. о. м.; діоксид вуглецю,  $CO_2$ , мол. маса: 44 а. о. м. ) зі зразку шкаралупи курячого яйця (після обробки препаратом «штучна кутикула», 5 доба інкубації)

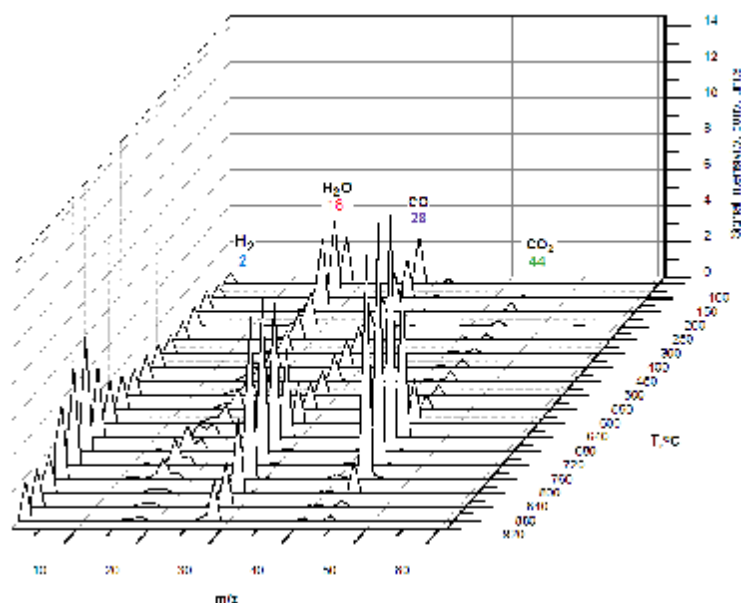


Рис. 5. Вихід газофазових речовин (водень,  $H_2$ , молекулярна маса: 2 а. о. м.); вода,  $H_2O$ , мол. маса: 18 а. о. м.; оксид вуглецю,  $CO$ , мол. маса: 28 а. о. м.; діоксид вуглецю,  $CO_2$ , мол. маса: 44 а. о. м.) зі зразку шкаралупи курячого яйця (після обробки препаратом «штучна кутикула», 20 доба інкубації)

В той же час, штучне насичення водою біокристалічних шарів шкаралупи змінює профіль виходу газофазових речовин зі зразку шкаралупи. Як видно з рис. 3, за температур 50-150°C підвищується вихід пари води (4-12 ум. од.) з паралельним підвищенням кількості термоекстрагованого водню ( $H_2$ ). Результати експериментів з термоекстрагування зразків шкаралупи яєць, оброблених за допомогою технології «штучна кутикула» наведені на рис. 4 і 5. На п'яту добу після обробки препаратом «штучна кутикула» достовірно збільшився вміст води у шкаралупі (див. рис. 4) з паралельним зростанням виходу оксиду вуглецю ( $CO$ ). Відмітимо, що кількість води, екстрагованої зі зразків оброблених препаратом яєць, зростає у порівнянні з контролем (див. рис. 2) приблизно у 8-10 разів. Також виріс вміст водню, що супроводжувалось паралельним незначним збільшенням екстрагованого зі зразку  $CO_2$  у діапазонах температур 100-200°C. Підданий термоекстрагуванню зразок шкаралупи яйця, обробленого препаратом «штучна кутикула» і витриманий протягом 20 діб (18-20°C) не тільки зберігав здатність утримувати воду, але і збільшував її кількість на одиницю маси зразку (див. рис. 5). Це обумовлене, на думку авторів, підвищеною здатністю до адсорбції органічних і неорганічних сполук хітозану, як базової складової «штучної кутикули», вкупі з пероксидними сполуками. Реакція названих складових з кальцитом

біокристалічних шарів шкаралупи також підвищує адсорбтивні якості кальцитних структур у першу чергу через значне збільшення поверхні речовини. Якщо прийняти до уваги багаторазово показану експериментально підвищену потребу інкубаційних яєць до рівня вологості протягом термінів 1-8 та 19-21 доби інкубації (Рис. 6), то позитивна дія технології «штучна кутикула» на показники виводимості яєць та отримання якісного молодняку птиці може бути частково пояснена її впливом на зміни балансу «рідка (вода)-тверда (неорганічна) фази» біокристалічних шарів шкаралупи, які обумовлюють величину базового показника інкубаційних яєць - проникність шкаралупи [8, 9].

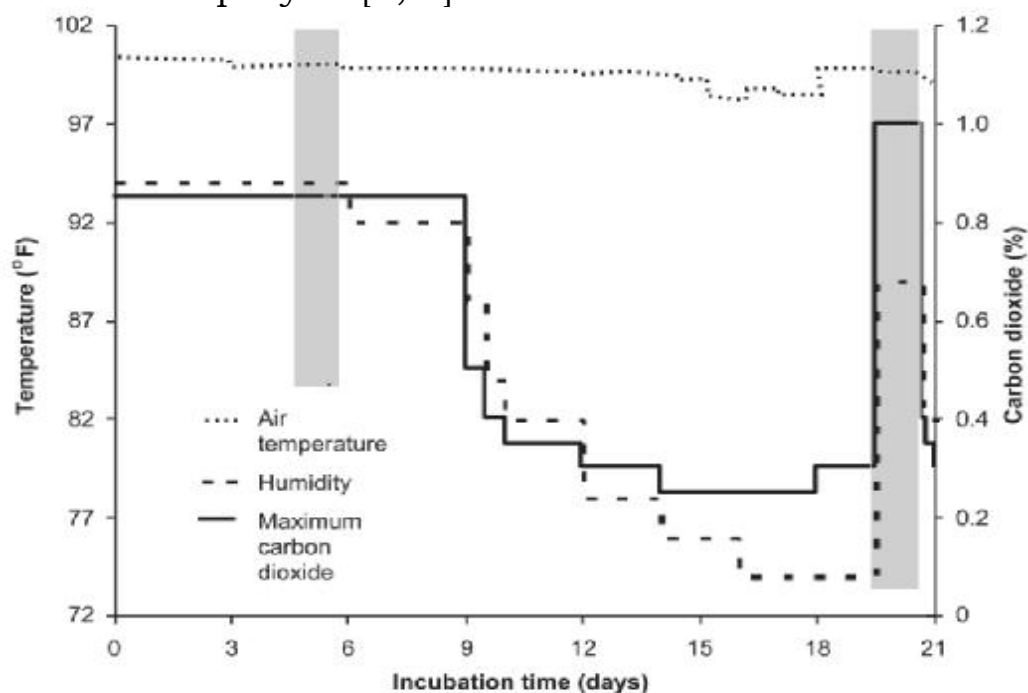


Рис. 6. **Схема динаміки змін показників температури повітря, рівня вологості та вмісту діоксиду вуглецю у повітрі інкубаційної шафи протягом інкубації яєць курей (сірим кольором позначені п'ята та двадцята доби інкубації) [2]**

### **Висновки і перспективи подальших досліджень.**

Встановлено, що внаслідок використання технології «штучна кутикула» для передінкубаційної обробки яєць курей біокристалічні шари шкаралупи яєць птиці кросу Ломан браун поглинають і утримують протягом 20 діб кількість води, що перевищує контрольний показник у 8-10 разів. Обробка яєць препаратом «штучна кутикула» також призводить до достовірного підвищення кількості водню та оксиду вуглецю на одиницю маси шкаралупи у порівнянні з контролем. Термічна деструкція неорганічної кальцитної ( $\text{CaCO}_3$ ) складової біокристалічних шарів шкаралупи контрольних і дослідних зразків принципово не різниться як у кількісному,

так і у якісному аспектах. Висловлюється припущення, яке потребує подальшого експериментального дослідження, про те, що стимулювання розвитку ембріонів курей протягом інкубаційного періоду розчинами біологічно-активних речовин обумовлене в першу чергу змінами балансу «рідка фаза-кристалічна фаза» шкаралупи, які впливають на стан газообміну та теплообміну ембріонів.

#### Список використаних джерел:

1. Буртов Ю. З. Инкубация яиц: Справочник / Ю. З. Буртов, Ю. С. Голдин, И. П. Кривопишин – М. : Агропромиздат, 1990. – 239 с.
2. French N. A. Incubation and Hatching. Biology of Breeding Poultry / N. A. French // Poultry Science Symposium SeriesV. XXIX – CABI Head Office Oxfordshire. – 2009. –Р. 206-223.
3. Количественная проницаемость через биомембраны яиц кур Succ-Mn тетрагидрата при прединкубационной обработке / Р. Х. Кармолиев, И. И. Кочиш, О. С. Ручий [и др.] // Птица и птицепродукты. – 2014. – № 1. – С. 60-65.
4. Rahn H. Gas fluxes in avian eggs: driving forces and the pathway for exchange / H Rahn, C. Paganelli // Comp. Biochem. Physiol. – 1990. – 95 A. – P. 1-15.
5. Rahn H. Pores and gas exchange of avian eggs: a review / H Rahn, C. Paganelli, A. Ar // J. Exp. Zool. Suppl. – 1987. – V. 1. – P. 165-72.
6. Бордунова О. Г. Теоретичне обґрунтування та розробка інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць курей : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук : спец. 06.02.04 – технологія виробництва продуктів тваринництва /О. Г. Бордунова – Миколаїв, 2016. – 40 с.
7. Изучение термоактивируемых процессов экстракции CO<sub>2</sub> из карбонатных апатитов с использованием газовой хроматографии / В. Н. Кузнецов, А. А. Яновская, С. В. Новиков [и др.] // Журнал нано- та електронної фізики. – 2015. – Т. 7. –№ 3. –03034-1. – 03034-9 (9cc). –URL: [http://jnep.sumdu.edu.ua/download/numbers/2015/3/articles/jnep\\_2015\\_V7\\_03034.pdf](http://jnep.sumdu.edu.ua/download/numbers/2015/3/articles/jnep_2015_V7_03034.pdf) (режим доступу).
8. Deeming D. C. Avian Incubation: Behaviour, Environment and Evolution / D. C. Deeming // Oxford : Oxford University Press. – 2002. – 380 p.
9. Paganelli C. V. The physics of gas exchange across the avian eggshell / C. V. Paganelli // Am. Zool. – 1980. – V. 20. – P. 329-338.



О. Г. Бордунова, О. Г. Астраханцева, Р. В. Денисов, Е. С. Лупинова, В. Д. Чиванов. **Изменения биокристаллического слоя скорлупы инкубационных яиц кур при использовании технологии «искусственная кутикула (ARTICLE)».**

Приведены результаты исследований влияния технологии «искусственная кутикула» для прединкубационной обработки яиц кур на биокристаллические слои скорлупы яиц птиц кросса Ломанн браун. Экспериментально доказана способность пленки «искусственной кутикулы», образующейся после обработки на поверхности яйца, обуславливать активное поглощение биокристаллическими слоями скорлупы воды в количествах, превышающих соответствующий контрольный показатель в 8-10 раз с последующим сохранением содержания воды в течение 20 суток. Высказывается предположение о приоритетности явления изменения баланса «жидкая-твердая (неорганическая) фазы» биокристаллических слоев скорлупы в технологиях стимулирования развития эмбрионов птицы с помощью водных растворов биологически активных веществ, фармакологических средств и др.

**Ключевые слова:** инкубация, яйца кур, технология «искусственная кутикула», прединкубационная обработка

O. Bordunova, O. Astrakhantseva, R. Denysov, O. Lupinova, V. Chivanov. **Changes at composition of bioceramic protective layers using of technology “artificial cuticle(ARTICLE)”.**

*In spite of the fact that improvement of technologies of hens eggs incubation, which consist of pre-incubation treatment of eggs of hens using bioactive substances, disinfectants, pharmacological active substances, had a much used equation, the mechanism of interaction of these specimens with bioceramic eggshell layers, which generally presented by calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) is still open to question.*

*Last time we can find more and more articles about excessive adsorption of calcium carbonate of eggshells.*

*This fact help us to have supposition that stimulate mechanism of water solution of bioactive substances based on water composition, that after absorption on calcium mass of eggshell can change important parameters of embryo development like gas permeability and heat exchange.*

*Investigation of composition of biocrystalline eggshell layers of organic and inorganic origin is important at control and optimization of embryo development.*

*It is proved that the level of moisture and existence of some water at biocrystalline eggshell layer stipulate protective barrier system of egg and provide optimal incubation.*

*Low level of moisture at hatcher is very dangerous for developing embryos.*

*Authors thought that it was important to investigate the quantity of water at biocrystalline eggshell layers by new physico-chemical methods, and also to study influence of water solutions to abovementioned rate, which used at pre-incubation treatment technology "artificial cuticle".*

*It is established that in consequence of using technology "artificial cuticle" for pre-incubation treatment biocrystalline eggshell layers of egg-laying breed Lohmann Brown during 20 days absorb and keep the quantity of water that exceed control rate in 8-10 times.*

*"Artificial cuticle" eggshells treatment also provide increase the level of hydrogen and oxide of carbon for eggshell wage rate.*

*Thermal destruction of inorganic calcite composition ( $\text{CaCO}_3$ ) of biocrystalline eggshell layers of control and experimental models are not distinguished.*

*Authors express the supposition that stimulation of embryos development at pre-incubation period by bioactive solution stipulated by balance change "liquid phase-crystalline phase" of eggshell, which have an influence on gas permeability and heat exchange of embryos.*

**Key-words:** *incubation, hen's eggs, technology "Artificial cuticle", pre-incubation treatment.*