

**Зміст електронного журналу
«Наукові доповіді НУБіП України»
№ 4(92) (серпень), 2021
Рекомендований до видання Вченою Радою НУБіП України
протокол № 12 від 23 червня 2021 р.**

Біологія, біотехнологія, екологія

- 1. Березенко А. С., Недосєков В. В., Годовський О. В.** Ізоляція коронавірусу ВРХ в культурах клітин
- 2. Клименко О. М., Корнійко Л. М.** Визначення рівня екологічної безпеки селітебних територій Рівненської області за групами індикаторів
- 3. Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.** Біохімічні ефекти олій розторопші та льону холодного і гарячого пресування у щурів за умов гострого коліту
- 4. Ніколенко Ю. В., Федоненко О. В.** Екологічна оцінка Запорізького (Дніпровського) водосховища
- 5. Войтишина Д. Й.** До питання уніфікації шифрування стану водних басейнів при космічному зондуванні
- 6. Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюетао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.** Вплив біотехнологічних процедур трансгенезу на виживаність ембріонів свійської качки

Агрономія

- 7. Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.** Особливості розвитку популяцій люцерни за різних умов вирощування
- 8. Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С.** Вплив технологічних заходів вирощування на розвиток кореневої системи та симбіотичну продуктивність еспарцету
- 9. Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.** Продуктивність сіяних лучих травостоїв залежно від елементів технології вирощування

Тваринництво. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

- 10. Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.** Вплив різних джерел купруму в комбікормах на продуктивність курчат-бройлерів

Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва

11. Недосєков В. В., Петькун Г. В. Благополуччя тварин молочного стада

12. Ткачук С. А., Яценко І. В., Сердюков Я. К., Ткачик Л. В., Кравченко А. І. Мікроскопічна будова печінки свиней за застосування у годівлі натуральних кормових добавок LG-MAX і Сел-Плекс

Техніка та енергетика АПК

13. Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Цірень Н. Л., Єременко Т. Л., Торчилевський Д. П., Стринад Л. Ф., Сірко З. С. Дослідження ефективності впровадження частотно-регульованого приводу на складах вуглеводнів

14. Роговський І. Л. Аналіз втрат зернового збіжжя класичним молотильно-сепарувальним пристроєм зернозбирального комбайна

Biology, biotechnology, ecology

1. **Berezenko A., Nedosekov V., Godovskiy O.** Isolation of bovine coronavirus (BCov) in cell cultures
2. **Klymenko O., Korniiiko L.** Diagnostics of the environmental safety of residential territories of the Rivne region by groups of indicators
3. **Kotlyar I., Kuznietsova H., Rybalchenko V.** Biochemical effects of cold and hot-pressed thistle and linseed oils in rats with acute colitis
4. **Nikolenko Y., Fedonenko O.** Ecological assessment of the Zaporizhzhya (Dniprovsky) reservoir
5. **Voityshyna D.** On the question of unification of encryption of the state of water pools in space probing
6. **Korol P., Kostenko S., Konoval O., Doroshenko M., Lu L., Chepiha A., Sydorenko O., Dzhus P., Svyrydenko N., Lytvynenko T., Xuetao H., Bu X., Li L., Kostyuk E., Filipova P., Drahulian M.** Transgenesis biotechnological procedures influence on domestic duck embryos survival

Agronomy

7. **Tyshchenko A, Tyshchenko O, Lyuta Y, Piliarska O.** Features of alfalfa population development under different growing conditions
8. **Demydas G., Svystunova I., Lyhoshorst E.** Influence of technological measures of growing on the root system development and symbiotic productivity of sainfoin
9. **Burko L., Svystunova I., Poltoretskyi S., Prorochenko T.** Productivity of sown meadow herbage depending on the elements of growing technology

Animal science. Technology of production and processing of livestock products

10. **Bomko V. S., Zakharchuk M. S., Tytariova O. M.** Influence of different sources of cuprum in compound feeds on the productivity of broiler chickens

Veterinary medicine, quality and safety of livestock products

11. **Nedosekov V., Petkun H.** Animal welfare of dairy farm
12. **Tkachuk S., Yatsenko I., Serdyukov Ya., Tkachik L., Kravchenko A.** Microscopic structure of pig liver for use in feeding of natural feed additives LG-MAX and Sel-Plex

Engineering

- 13.Korenda V., Protasov O., Vyshniakov I., Tciren N., Eremenko T., Torchilevsky D., Strnad L., Sirko Z.** Research of efficiency of implementation of frequency-controlled drive at hydrocarbon warehouses
- 14.Rogovskii I.** Analysis of loss of grain grains by classical thrusting and separating device of grain harvester combine

ІЗОЛЯЦІЯ КОРОНАВІРУСУ ВРХ В КУЛЬТУРАХ КЛІТИН

А. С. БЕРЕЗЕНКО, здобувач

В. В. НЕДОСЄКОВ, доктор ветеринарних наук, професор

Національний університет біоресурсів та природокористування України

О. В. ГОДОВСЬКИЙ, кандидат ветеринарних наук

ТОВ «Біотестлаб»

E-mail: Nastia4477@gmail.com, nedosekov1@rambler.ru, a_godovski@biotestlab.net

<https://doi.org/dopovidi2021.04.001>

Анотація. Одним із найбільш поширених у світі вірусів, що спричиняє захворювання у великої рогатої худоби є коронавірус ВРХ (ВСоV). Цей вірус є збудником інфекції респіраторного та шлунково-кишкового тракту в новонароджених телят, що призводить до значних економічних втрат, як у молочному, так і в м'ясному напрямках тваринництва. З огляду на складну епізоотичну ситуацію щодо коронавірусів у світі та часткову антигенну спорідненість ВСоV з коронавірусами інших видів тварин та людини, вкрай важливим і актуальним стає виділення нових штамів коронавірусів, їх ідентифікація та оптимізація умов культивування.

Метою наших досліджень було визначити особливості методів виділення коронавірусу ВРХ та підібрати способи його культивування в культурі клітин із метою отримання вірусу з найбільшими титрами інфекційної активності.

Експериментально доведена чутливість культуральних систем до вірусу і встановлено, що використання перещеплюваної лінії культури клітин нирки теляти (МДБК) та первинно-трипсинізованої культури клітин нирки ембріона теляти (НЕТ) дозволяють отримати вірусовмісну суспензію з титром інфекційної активності $5,54 \pm 0,16 \lg \text{ТЦД}_{50}/1,0 \text{ мл}$ та $5,59 \pm 0,14 \lg \text{ТЦД}_{50}/1,0 \text{ мл}$ відповідно, що є перспективним для біотехнологічних розробок.

Подальші дослідження планується спрямувати на дослідження отриманого вірусного ізоляту для послідувочої розробки засобів діагностики та імунопрофілактики коронавірусної інфекції у ветеринарній медицині.

Ключові слова: *Coronaviridae*, біологічні властивості, коронавірус великої рогатої худоби, культивування вірусів, культура клітин, інфекційна активність

Актуальність. Коронавірус ВРХ (ВСоV) – один із найбільш поширених у світі вірусів, що спричиняє захворювання поміж великої рогатої худоби [14]. Цей вірус є збудником

зимової дизентерії в корів та інфекції респіраторного та шлунково-кишкового тракту в новонароджених телят, що призводить до значних економічних втрат, як у молочному,

Березенко А. С., Недоссков В. В., Годовський О. В. так і в м'ясному напрямку тваринництва [4].

ВCoV сричиняє діарею в новонароджених телят у перші три тижні життя, коли ще немає належного рівня природної та набутої резистентності, що сильно ускладнює профілактику цього захворювання в телят. Завдяки тому, що коронавірус вражає епітеліальні клітини кишечника, порушується всмоктування поживних речовин, а також накопичуються продукти розпаду, що призводить у подальшому до загибелі тварин. Персистентна коронавірусна інфекція у дорослих тварин зумовлює зниження молочної та м'ясної продуктивності поголів'я, та є джерелом вірусу для новонароджених телят [4].

Україна є неблагополучною щодо коронавірусу великої рогатої худоби і на цей момент в світі немає розроблених противірусних засобів терапії і тому проведення імунопрофілактичних заходів є ефективним способом контролю та ерадикації даної хвороби на території нашої країни [1, 2, 3]. Однак, пріоритетним в розробці ефективної вакцини є визначення особливостей ізоляції коронавірусу ВРХ та підбір способів його репродукції в культурі клітин з максимальним рівнем накопичення вірусу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Коронавіруси (CoVs) – плеоморфні, діаметром від 60 до 220 нм, віруси, що мають оболонку, яка включає булавовидні глікопротеїни (S), довжиною приблизно 12-25 нм. CoVs містять одноланцюгову позитивну РНК від 26 до 32 kb [11]. CoVs існують як квазивиди і мають високий рівень мутації та рекомбінації [7]. Це сприяє появі нових штамів CoV із зміненими тропізми до клітин та специфікою господаря, що сприяє їх міжвидовій передачі для опанування нових господарів поміж видів тварин та людини.

Родина Coronaviridae у порядку Nidovirales складається з чотирьох родів: Alphacoronavirus, Betacoronavirus, Gammacoronavirus, та Deltacoronavirus. Разом з коронавірусом ВРХ, коронавірус людей OC43, коронавірус собак, SARS-CoV, SARS-CoV-2, MERS-CoV та рHEV належать до роду Betacoronavirus [6].

Багатьма дослідникам було встановлено, що ВCoV накопичується у культурах клітин (КК) трахеї та кишечника, у культурі HRT-18 (пухлина прямої кишки людини-18) та Vero (нирка африканської зеленої мавпи), BEK-1 (бичачої ембріональної нирки), D2BFS (КК селезінки ВРХ), BEL 14 (ембріональної легені ВРХ), MDBK (КК бичачої нирки Мадін

Березенко А. С., Недоссков В. В., Годовський О. В. Дарбі), MDCKI (КК собачої нирки Мадін Дарбі 1) тощо. Здатність накопичуватися в культурах клітин різного видового походження підтверджує широкий тропізм вірусу і можливість передачі збудника між видами тварин [9].

Mebus з колегами [10] ще в 1973 р. вперше продемонстрував, що коронавірус, виділений від теляти, з діареєю, може бути адаптований до культури клітин. Уперше вірус був ізолюваний у первинно-трипсинізованій культурі клітин нирки плода великої рогатої худоби, а потім адаптований до субкультури клітин нирок плода корови. Встановлено, що вірус реплікувався у клітинах, що було підтверджено фарбуванням міченим флуоресцеїном кролячим гамма-глобуліном проти цього вірусу, та спричиняв цитопатичну дію (ЦПД), яка спостерігалася після 24 пасажів у культурі клітин і характеризувалася утворенням синцитій, округленням і втратою адгезії клітин.

Takahashi та ін. [13] також використовували первинну первинно-трипсинізовану культуру клітин нирок плода ВРХ для виділення штаму Kakegawa (який виділено з фекалій корови з епізоотичною діареєю). ЦПД, що характеризувалася формуванням синцитій та зернистістю клітин, а також позитивна імунофлуоресценція,

стали помітними на 8 пасажі вірусу в КК.

Inaba та ін. [8] та Sato та ін. [12] використовували перещеплювану клітинну лінію ВЕК-1, (нирка великої рогатої худоби), для накопичення польового ізоляту коронавірусу Mebus. ЦПД уперше проявилася через 3 дні й характеризувалася округленням клітин, яке прогресувало до злиття клітин та розпаду моношару. Після подальших пасажів вихід вірусу становив від 10^4 до 10^5 ТЦД₅₀/мл.

Dea з колегами [5] продемонстрували, що перещеплювані КК Vero, MDBK та РК-15 (нирка свині) були придатними для ізоляції та розмноження штаму Mebus. ЦПД та позитивне імунофлуоресцентне фарбування спостерігались у всіх клітинних лініях, що були використані. ЦПД характеризувалася округленням клітин, відшаруванням та повним руйнуванням моношару через 96 год. Вихід вірусу коливався від 10^6 до 10^7 ТЦД₅₀/мл.

Отже, відповідно до аналізу наукових досягнень до коронавірусу можуть бути чутливі культури клітин різного видового походження, але вони відрізняються як за можливістю виділення вірусу так і за ступенем накопичення.

Польові ізоляти BCoV здатні розмножуватися в первинно-трипсинізованих культурах клітинах

Березенко А. С., Недоссков В. В., Годовський О. В. великої рогатої худоби та перещеплюваній культурі клітин Vero. Ці типи клітин можуть бути використані, як для ізоляції вірусу, так і для кількісного визначення вірусу.

Метою наших досліджень було вивчення особливостей ізоляції коронавірусу ВРХ, оптимізація умов його культивування та отримання високоактивного вірусомісного матеріалу для конструювання засобів діагностики та імунопрофілактики.

Методи. Відбір зразків проводили у двох фермерських, стаціонарно неблагополучних за інфекційних кишково-шлункових захворювань ВРХ, господарствах, які спеціалізуються на молочному напрямі тваринництва та розташовані в межах Київської області. Утримання тварин на фермах вільно-вигульне безприв'язне.

Для проведення досліджень відбирали проби фекалій, змиви з прямої кишки та з носової порожнини, проби ділянок кишечника з найбільш вираженими ознаками захворювання від 15 живих та 5 мертвих телят (згідно з таблицею 1).

Проби фекалій відбирали безпосередньо з прямої кишки за допомогою одноразової резинової рукавички в стерильний контейнер для збору фекалій. Змиви з носової порожнини та прямої кишки проводили з використанням

одноразових стерильних шпатель (зонд-тампонів) у пробірках із середовищем для транспортування вірусів (ТМ Deltalab). Від трупів телят відбирали проби ділянок тонкого кишечника з використанням стерильних інструментів, кінці кишечника перев'язали. Транспортували в замороженому вигляді в контейнері.

Лабораторна діагностика.

Діагностику на коронавірусну інфекцію проводили постановкою Real-Time PCR (VetMAX™ Ruminant Respiratory Screening Kit, Thermo Fisher Scientific, США). Додатково проводили дослідження калових мас – методом флотації, седиментації та мікроскопії нативного мазку – з метою виключення гельмінтів та простіших, а також бактеріологічне дослідження шляхом прямого посіву – для виключення дисбактеріозу.

Культури клітин: Для проведення ізоляції вірусу використовували культури клітин MDBK, Vero (закладені в банк культур клітин) та первинно-трипсинізовані культури клітин легень та нирок ВРХ зі сформованими моношарами клітин, адаптовані до середовища Ігла в модифікації Дюльбекко (DMEM - Sigma-Aldrich®) та з додаванням 10 % фетальної сироватки ВРХ (FBS - Sigma-Aldrich®).

Березенко А. С., Недоссков В. В., Годовський О. В.

Підготовка проб до ізоляції вірусу: Підготовка позитивних за ПЛР проб:

- До проб фекалій додавали 4-кратний об'єм фосфатно-сольового буферу (ФСБ, рН – 7,2-7,4).

- Проби тканин кишечника подрібнили, розтерли у ступці зі скляним піском, розвели розчином ФСБ (рН - 7,2).

- Для підготовки змивів із носової порожнини та прямої кишки в асептичних умовах внесли в стерильні пробірки по 10,0 см³ ФСБ та помістили в них відповідні аплікатори зі змивами, ретельно перемішуючи ними рідину. Після чого рідину з аплікаторів, якими відбирали проби, віджали за допомогою стерильних пінцетів.

Усі проби після підготовки центрифугували (3000 g, 30 хвилин) та послідовно фільтрували супернатант через фільтри з діаметром пор 0,45 та 0,22 μm. (Merck (Millipore), Німеччина).

Виділення вірусу в культурах клітин: Для ізоляції вірусу використовували культури клітин віком 2-4 дні зі сформованими моношарами в культуральних флаконах площею 25 см². Перед внесенням проб із культуральних флаконів видаляли ростове поживне середовище та перед інокуляцією двічі промивали моношар КК розчином поживного середовища DMEM без

додавання сироватки крові. Фільтровану суспензію вірусу по 1,0 см³ інокулювали в клітини та проводили адсорбцію упродовж 20 хвилин за температури 37 ± 0,5 °С. Після адсорбції рідину видаляли та додавали до моношару клітин середовище DMEM без додавання сироватки крові. Інкубацію вірусу в культурі клітин проводили за температури 37±0,5 °С до прояву цитопатичної дії вірусу, або упродовж 5 діб за відсутності ЦПД, після чого проводили наступний «сліпий» пасаж.

Цитопатичний ефект спостерігали упродовж 2-5 діб після інокуляції вірусу.

Культуральні флакони з культурою клітин заморожували після прояву цитопатичної дії вірусу або після 5 діб культивування за відсутності ЦПД. Для проведення послідовних «сліпих» пасажів на відповідних культурах клітин використовували по 1,0 см³ попереднього пасажу. Виділення ізоляту вірусу вважали вдалим у випадку прояву характерної цитопатичної дії до 5-го, серійного пасажу матеріалу в культурі клітин та після отримання позитивних результатів його ПЛР-дослідження.

Ідентифікація вірусу: вірус ідентифікували за допомогою Real-Time PCR.

Березенко А. С., Недоссков В. В., Годовський О. В.

Інфекційну активність вірусу визначали титраційним способом вірусного матеріалу в гомологічній культурі клітин зі сформованим моношаром у 96-луночному плоскодонному культуральному планшеті упродовж 7 днів (з проведенням обліку результатів

починаючи з 3-го дня після титрації). Розрахунок титру вірусу проводили за методом Ріда та Менча.

Результати. Поміж отриманих із фермерських господарств проб від 20 тварин методом Real-Time PCR було виявлено BCoV у зразках від 16 тварин (згідно з таблицею 1).

1. Зведені результати дослідження отриманих від тварин зразків

№	Вік тварини, дні	Клінічні ознаки захворювання	Відібраний матеріал	Відбір матеріалу, день захворювання	Виявлено BCoV в ПЛР	Виділено вірус в КК
1	8	Діарея, дегідратація, анорексія, гіповолемічний шок	Фекалії, змиви з кишечника	4	+	-
2	31	Діарея, дегідратація, відсутність апетиту	Фекалії, змиви з кишечника	3	-	-
3	16	Слизові носові виділення, апатія, відсутність апетиту	Змиви з носової порожнини	8	+	-
4	7	Діарея, анорексія, гіповолемічний шок	Фекалії, змиви з кишечника	2	+	+
5	27	Слизові носові виділення, апатія	Змиви з носової порожнини	3	-	-
6	19	Діарея, дегідратація, гіповолемічний шок	Проби кишечника	Посмертно	+	-
7	9	Діарея, анорексія, дегідратація	Фекалії, змиви з кишечника	1	+	+
8	9	Діарея, апатія, гіповолемічний шок	Проби кишечника	Посмертно	+	-
9	15	Діарея, дегідратація, гіповолемічний шок	Проби кишечника	Посмертно	+	-
10	10	Діарея, дегідратація, анорексія, апатія	Фекалії, змиви з кишечника	2	+	-
11	5	Діарея, відсутність апетиту, гіповолемічний шок	Проби кишечника	Посмертно	+	+
12	45	Діарея, анорексія, відсутність апетиту	Фекалії, змиви з кишечника	6	-	-
13	13	Серозні носові виділення, анорексія, апатія	Змиви з носової порожнини	7	+	-

Березенко А. С., Недоссков В. В., Годовський О. В.

14	12	Діарея, дегідратація, гіповолемічний шок	Змиви з носової порожнини	6	+	-
15	11	Діарея, відсутність апетиту, дегідратація	Проби кишечника	Посмертно	+	-
16	22	Слизові носові виділення, відсутність апетиту	Змиви з носової порожнини	5	-	-
17	13	Серозні носові виділення, відсутність апетиту, зневоднення	Змиви з носової порожнини	4	+	-
18	10	Діарея, дегідратація, відсутність апетиту	Фекалії, змиви з кишечника	2	+	+
19	19	Діарея, анорексія, гіповолемічний шок	Фекалії, змиви з кишечника	10	+	-
20	15	Діарея, відсутність апетиту, анорексія	Фекалії, змиви з кишечника	9	+	-

З 16 зразків від позитивних тварин лише в 4 з них (№4, №7, №11 та №18) було виявлено характерний для коронавірусу цитопатичний ефект починаючи з 1-го до 5 пасажу в культурах клітин НЕТ (нирки ембріона теляти) та МДБК. Наявність коронавірусу ВРХ в отриманих

вірусомісних матеріалах на рівні 5-го пасажу підтвердили в Real-Time PCR. Проте ці зразки від позитивних тварин не мали характерної цитопатичної дії в культурах клітин ЛЕТ та Vero упродовж перших 5-ти пасажів культивування.

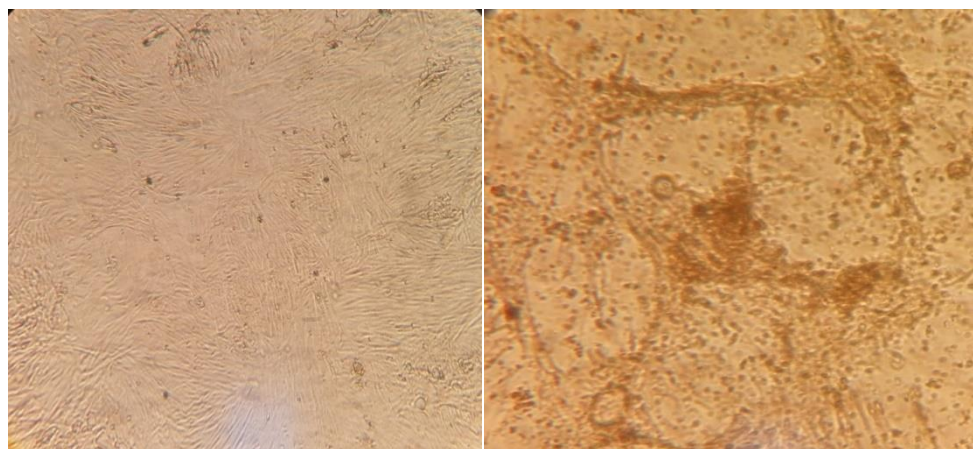


Рис. 1 та 2. Культура клітин НЕТ, інфікована ПЛР-позитивним ізолятом BCoV. Контроль культури клітин – зліва. Культура клітин з ознаками ЦПД через 48 год після інфікування – справа.



Рис. 3 та 4. Культура клітин MDBK, інфікована ПЛР-позитивним ізолятом BCoV. Контроль культури клітин – зліва. Культура клітин з ознаками ЦПД через 72 год після інфікування – справа.

Інші зразки від ПЛР-позитивних тварин не виявляли характерної ЦПД за перших 2х пасажів культивування в усіх досліджуваних культурах клітин.

Визначення інфекційної активності отриманих вірусомісних

матеріалів (з характерним для коронавірусу ВРХ проявом цитопатичної дії) проводили на рівні 4-го та 5-го пасажів культивування. Результати представлені в таблиці 2.

2. Результати визначення інфекційної активності Коронавірусу ВРХ на рівні 4 та 5 пасажів у культурах клітин НЕТ та МДБК

№	4 пасаж		5 пасаж	
	МДБК	НЕТ	МДБК	НЕТ
Зразок № 4	5,18	5,36	5,45	5,53
Зразок № 7	5,36	5,45	5,73	5,50
Зразок № 11	5,03	5,50	5,45	5,70
Зразок № 18	5,53	5,36	5,73	5,45

Висновки і перспективи. У дослідженні з 20 живих та мертвих телят, які мали в анамнезі ознаки респіраторної та/або кишково-шлункової інфекції, позитивний діагноз на коронавірус ВРХ за діагностики Real-Time PCR отримали лише 16. Відповідно до результатів

представлених у таблиці 1, можна зробити висновки, що у пробах кишечника, змивах із прямої кишки та носової порожнини, а також фекаліях, відібраних від телят на початку захворювання, можна виявити вірус у ПЛР.

Березенко А. С., Недоссков В. В., Годовський О. В.

Усі 16 проб від ПЛР-позитивних тварин мали яскраво виражену ЦПД під час проведення 1-го пасажу, яка проявилася через 24-36 год після інокуляції вірусу та може бути пояснена високою токсичністю ізолюваного патологічного матеріалу.

Проте після проведення 2-го пасажу характерне ЦПД для VCoV виявили лише в 4 зразків і спостерігали його до 5-го послідовного пасажу на культурах клітин МДБК та НЕТ. Позитивний результат ізоляції спостерігали в зразках, відібраних від тварин віком 5-10 днів безпосередньо на початку прояву захворювання (1-3 дні). Тож, можна судити про те, що своєчасний відбір проб у відповідної за віком групи тварин збільшує шанс на успішну ізоляцію коронавірусу ВРХ у культурах клітин.

Через 48 годин після інокуляції вірусу в КК МДБК та НЕТ інфіковані клітини виявляли такі ознаки ЦПД як вакуолізація та скупчення, а до 72 години після інокуляції, клітини мали схильність до формування синцитіїв та округлення, більшість клітин відшаровувалися від поверхні культурального посуду. Ці результати співпадають з даними, представленими іншими науковцями (зокрема з Mebus та Takahashi).

Відповідно до результатів визначення інфекційної активності 4 та 5 пасажів коронавірусу ВРХ на КК НЕТ

та МДБК, можна зробити висновок, що в КК НЕТ VCoV напрацьовується в більш високих титрах – $5,59 \pm 0,14 \lg \text{ТЦД}_{50}/1,0$ мл, аніж в КК МДБК – $5,54 \pm 0,16 \lg \text{ТЦД}_{50}/1,0$ мл за 5-го пасажу. Але внаслідок великої кількості затрат під час отримання первинно-трипсинізованих КК, цей режим ізоляції може бути неприйнятним для фармацевтичних компаній та лабораторій.

Також після проведення 5 пасажу вірусний матеріал досліджувався в Real-Time PCR для підтвердження ізоляції VCoV – дослідження 4 проб із ЦПД мало позитивний результат у ПЛР. Відповідно, наявність коронавірусу ВРХ в інфікованих КК можна підтвердити через проведення Real-Time PCR.

Проте, з 12 позитивних за Real-Time PCR зразків не вдалося виділити вірус у перещеплюваних культурах клітин МДБК та Vero, а також у первинно-трипсинізованих культурах клітин легень та нирок ВРХ. Цей факт може свідчити про наявність циркуляції різних штамів VCoV у фермерських господарствах нашої країни та необхідність підбору відповідних оптимальних режимів культивування та культур клітин для їх ізоляції.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення оптимальних режимів ізоляції різних штамів VCoV

Березенко А. С., Недоссков В. В., Годовський О. В.

та виявлення нових та невідомих штамів BCoV, циркулюючих на території України. Також будуть продовжуватися роботи з підбору умов культивування отриманого вірусного

ізоляту та вивчення його антигенної спорідненості задля розробки засобів діагностики та імунопрофілактики у ветеринарній медицині.

References

1. Nedosiekov, V. V., Blakha, T., Sytiuk, M. P., Martyniuk, O. H., Melnyk, V. V., & Yustyniuk, V. Ye. (2021). Osnovy biobezpeky ta blahopoluchchia tvaryn. [Fundamentals of biosafety and animal welfare] Nizhyn.
2. Nedosiekov, V., Khaunkhorst, E., Sytnik, V., Shevchuk, V., & Zhukovskiy, M. (2019). Orhanizatsiia ta ekonomika veterynarnoi spravy. [organization and economics of veterinary affairs]: navch. posibnyk. Kyiv: NUBiP Ukrainy.
3. Bok, M., Alassia M., Frank, F., Vega, C. G., Wigdorovitz, A., Parreno, V. (2018). Passive immunity to control bovine coronavirus diarrhea in a dairy herd in Argentina. *Rev Argent Microbiol.* 50:23–30. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.007>
4. Clark, M. A. (1993). Bovine coronavirus. *Br Vet J.* 149:51–70. [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(05\)80210-6](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(05)80210-6)
5. Dea, S., Roy, R. S., & Begin, M. E. (1980). Bovine coronavirus isolation and cultivation in continuous cell lines. *American journal of veterinary research*, 41(1), 30-38.
6. Decaro, N., & Lorusso, A. (2020). Novel human coronavirus (SARS-CoV-2): A lesson from animal coronaviruses. *Veterinary microbiology*, 244, 108693. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108693>.
7. Forni, D., Cagliani, R., Clerici, M., & Sironi, M. (2017). Molecular evolution of human coronavirus genomes. *Trends in microbiology*, 25(1), 35-48.
8. Inaba, Y., Sato, K., Kurogi, H., Takahashi, E., Ito, Y., Omori, T., ... & Matumoto, M. (1976). Replication of bovine coronavirus in cell line BEK-1 culture. *Archives of virology*, 50(4), 339-342.
9. Jerez, J. A., Gregori, F., Brandão, P. E., Rodriguez, C. A. R., Ito, F. H., Buzinaro, M. D. G., & Sakai, T. (2005). Isolation of bovine coronavirus (BCoV) in monolayers of HmLu-1 cells. *Brazilian Journal of Microbiology*, 36(3), 207–210. <https://doi.org/10.1590/s1517-83822005000300001>
10. Mebus, C. A., CA, M., EL, S., MB, R., & MJ, T. (1973). Neonatal calf diarrhea: propagation, attenuation and characteristics of a coronavirus-like agent.
11. Saif, L. J., Wang, Q., Vlasova, A. N., Jung, K., & Xiao, S. (2019). Coronaviruses. *Diseases of swine*, 488-523.
12. Sato, K., Inaba, Y., Kurogi, H., Takahashi, E., Ito, Y., Goto, Y., ... & Matumoto, M. (1977). Physico-chemical properties of calf-diarrhea coronavirus. *Veterinary Microbiology*, 2(1), 73-81.
13. Takahashi, E., Inaba, Y., Sato, K., Ito, Y., Kurogi, H., Akashi, H., ... & Omori, T. (1980). Epizootic diarrhoea of adult cattle associated with a coronavirus-like agent. *Veterinary Microbiology*, 5(2), 151-154.
14. NCBI Taxonomy Browser URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Brows/er/wwwtax.cgi?mode=Info&id=11128&lvl=3&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock>

ИЗОЛЯЦИЯ КОРОНАВИРУСА КРС В КУЛЬТУРАХ КЛЕТОК

А. С. Березенко, В. В. Недоссков, А. В. Годовский

Аннотация. Одним из самых распространенных в мире вирусов, вызывающих заболевание у крупного рогатого скота является коронавирус КРС (BCoV). Этот вирус – возбудитель инфекции респираторного и желудочно-кишечного тракта у

Березенко А. С., Недосєков В. В., Годовський О. В.

новорожденных телят, что приводит к значительным экономическим потерям, как в молочном, так и в мясном направлениях животноводства. Учитывая сложную эпизоотическую ситуацию по коронавирусам в мире и частичное антигенное родство BCoV с коронавирусами других видов животных и человека, крайне важным и актуальным становится выделение новых штаммов коронавирусов, их идентификация и оптимизация условий культивирования.

Целью наших исследований было определить особенности методов выделения коронавируса КРС и подобрать способы его культивирования в культуре клеток с целью получения вируса с наибольшими титрами инфекционной активности.

Экспериментально доказана чувствительность культуральных систем к вирусу и установлено, что использование перевиваемой линии культуры клеток почки телят (МДБК) и первично-трипсинизованной культуры клеток почки эмбриона телят (НЕТ) позволяют получить вируссодержащую суспензию с титром инфекционной активности $5,54 \pm 0,16 \lg \text{ТЦД}_{50}/1,0 \text{ мл}$ и $5,59 \pm 0,14 \lg \text{ТЦД}_{50}/1,0 \text{ мл}$ соответственно, что является перспективным для биотехнологических разработок.

Дальнейшие исследования планируется направить на исследование полученного вирусного изолята для последующей разработки средств диагностики и иммунопрофилактики коронавирусной инфекции в ветеринарной медицине.

Ключевые слова: *Coronaviridae, биологические свойства, коронавирус крупного рогатого скота, культивирование вирусов, культура клеток, инфекционная активность*

ISOLATION OF BOVINE CORONAVIRUS (BCOV) IN CELL CULTURES

A. Berezenko, V. Nedosekov, O. Godovskiy

Abstract. *One of the most common viruses in the world that causes disease in cattle is the bovine coronavirus (BCoV). This virus is the causative agent of respiratory and gastrointestinal infections in newborn calves, resulting in significant economic losses in both dairy and meat farming. Considering the complex epizootic situation with the coronaviruses in the world and partial antigenic affinity of BCoV with coronaviruses of other species of animals and humans, the isolation of new strains of coronaviruses, their identification and optimization of cultivation conditions becomes extremely important and relevant.*

The aim of our research was to determine the features of methods of isolation of bovine coronavirus and to select methods for its cultivation in cell culture in order to obtain the virus with the highest titers of infectious activity.

The susceptibility of culture systems to the virus has been experimentally proven and it has been established that the use of the continuous calf kidney cell culture line (MDBK) and the primary-trypsinized calf kidney culture (CK) allows to obtain a virus-containing suspension with a titer of infectious activity of $5.54 \pm 0.16 \lg \text{TCD}_{50}/\text{ml}$ and $5.59 \pm 0.14 \lg \text{TCD}_{50}/\text{ml}$, respectively, which is promising for biotechnological developments.

Березенко А. С., Недосєков В. В., Годовський О. В.

Further research is planned to be focused on studying of the obtained viral isolate for the subsequent development of tools for the diagnosis and immunoprophylaxis of coronavirus infection in veterinary medicine.

Keywords: *Coronaviridae, biological properties, bovine coronavirus, virus cultivation, cell culture, infectious activity*

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ГРУПАМИ ІНДИКАТОРІВ

О. М. КЛИМЕНКО, доктор сільськогосподарських наук, професор

Л. М. КОРНІЙКО, аспірант

Національний університет водного господарства та природокористування

E-mail: l.m.korniiko@nuwm.edu.ua

<https://doi.org/dopovidi2021.04.002>

Анотація. У статті розглянуто питання оцінки стану екологічної безпеки селітебних територій Рівненської області. Досліджено різні методики науковців оцінки екологічної безпеки. Оскільки визначення безпеки території потребує комплексного підходу, тому взято за основу оцінити соціо-екологічну безпеку досліджуваної території. Мета роботи полягає у визначенні екологічної безпеки селітебних територій Рівненської області. Досягнення мети передбачається через вирішення таких завдань: обґрунтувати підбір показників-індикаторів для оцінки селітебних територій; розрахувати рівні безпеки селітебних територій області в розрізі адміністративно-територіальних утворень.

Взята за основу методика оцінки науковців З. В. Герасимчук, А. О. Олексюк. Запропоновано розділити всі показники-індикатори на 3 блоки: ресурсний, біосферноцентричний та антропоцентричний. Визначено перелік репрезентативних для досліджуваної території показників. На основі отриманих часткових показників, маємо можливість отримати інтегрований показник екологічної безпеки селітебних територій Рівненської області.

Наведена методика є досить практичною та розширеною, оскільки за її допомогою можна дослідити рівень екологічної безпеки кожного адміністративно-територіального утворення. Також отримані часткові інтегральні показники забезпечать нам можливість порівняти райони між собою, для чого буде сформовано рейтинг районів. Результати цих досліджень необхідні для формування висновків щодо проблем, які є на досліджуваній території агросфери та вимагають прийняття управлінських рішень.

Ключові слова: екологічна безпека, індикатор, екологічний стан, безпека життєдіяльності

Актуальність. Людство з кожним роком виявляє все більшу зацікавленість в охороні довкілля, забезпеченні сталого розвитку держав і регіонів, захисті інтересів майбутніх поколінь. У сучасних умовах суспільного розвитку поміж

пріоритетів національних інтересів України, особливо, виділяється забезпечення екологічно та техногенно безпечних умов життєдіяльності громадян і суспільства, збереження і відновлення навколишнього

Клименко О. М., Корнійко Л. М.

природного середовища. Власне кажучи, на сьогодні доведена пряма залежність між забрудненням довкілля і значним погіршенням здоров'я населення, негативними змінами та наслідками в його генофонді. У таких умовах актуальність і значимість права громадян на безпечне для життя і здоров'я навколишнє природне середовище набуває особливої актуальності. Охорона і відновлення довкілля, як загальної системи життєзабезпечення людини, перетворюється в завдання першорядної важливості з точки зору збереження генофонду народу України, а також перспектив економічного й соціального розвитку.

Згідно зі ст.50 Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища" від 26.09.91 р. екологічна безпека визначається, як стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується запобігання погіршення екологічної ситуації і виникнення безпеки для здоров'я людей [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згідно досліджень А. Б. Качинського, І. М. Ляшенко, М. Данилишина, А. В. Степаненка, В. О. Владимірова, В. І. Шмандія, екологічну безпеку в системі національної безпеки в основному пов'язують із попередженням та прогнозуванням надзвичайних ситуацій природного й техногенного

характеру. Вони акцентують увагу, що значне антропогенне навантаження потенційно небезпечних промислових об'єктів та виробництв, застарілі технології та неефективне природоохоронне обладнання є основною причиною соціального та екологічного напруження як у національному, так і в регіональних масштабах [3-5].

Питання, пов'язані з екологічною безпекою, механізмами її забезпечення досліджені у роботах багатьох науковців. Необхідно зазначити внесок у дослідження цих питань таких авторів, як Г. О. Білявського, О. О. Веклича, З. В. Герасимчук, В. С. Деньги, Б. М. Данилишина, С. М. Ілляшенка, А. Б. Качинського, С. А. Лісовського, І. М. Синякевича, М. Ф. Реймерса, Є. В. Хлобистова, А. В. Яцика та інших[5-8].

Найбільш повне визначення поняття запропонувала З. В. Герасимчук: ступінь адекватності екологічних умов завданням збереження здоров'я населення і забезпечення збалансованого соціально-екологічного розвитку; стан рівноваги екобіогеоценозу, при якому він здатний протистояти навантаженню, змінним умовам середовища в часі ефективно функціонуючи, відновлювати свою якісну своєрідність та кількісну цілісність. [2].

Варто зазначити, що немає

Клименко О. М., Корнійко Л. М.

універсальної методики для визначення рівня екологічної безпеки територіальних утворень різних рівнів – держави, області, району, міста. Тому узагальнюючи вивчення й дослідження цього питання, використаємо методику З. В. Герасимчук та І. М. Вахович до визначення безпеки селітебних територій Рівненської області.

Мета досліджень. Мета роботи полягає у визначенні екологічної безпеки селітебних територій Рівненської області. Досягнення мети передбачається через вирішення таких завдань: обґрунтувати підбір показників-індикаторів для оцінки селітебних територій; розрахувати рівні безпеки селітебних територій області в розрізі адміністративно-територіальних утворень.

Об'єкт дослідження – процеси, що впливають на формування безпеки на селітебних територіях Рівненської області. Предмет дослідження – показники, які визначають стан безпеки трьох її складових: ресурсної, біосферноцентричної, антропоцентричної.

Матеріали і методи. У роботі використані методи системного аналізу та системного підходу, статистичний метод. Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою програми Microsoft Excel.

Методика дослідження, яку будемо використовувати, буде включати в себе дослідження 3-х

складових, а саме ресурсної, біосферноцентричної та антропоцентричної. У подальшому проводиться визначення інтегрального показника рівня екологічної безпеки.

Методика дослідження наведено у вигляді блок-схеми (рис. 1).

Показники, отримані у статистичних щорічниках та регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища, групуємо у 3 блоки: ресурсний, біосферноцентричний та антропоцентричний. Наступний кроком є формування відповідної матриці спостережень базових індикаторів. Диференціацію та стандартизацію ознак матриці спостережень проводили: усі індикатори ділимо на стимулятори й дестимулятори; 2) нормування показників (використовуючи формули з вибором $\min$ та $\max$ показників по кожному індикатору з матриці спостережень); 3) з вище розрахункової матриці показників розраховуємо частковий інтегральний рівень екологічної безпеки (методом середньогометричного по кожному блоку); 4) оцінка екологічної безпеки проводиться за шкалою: 1-0,6755 – екологічно-безпечний стан; 0,6755-0,4834 – екологічно-ризиковий стан; 0,4833-0,1919 – екологічно-загрозливий стан, 0,1918-0. [4]

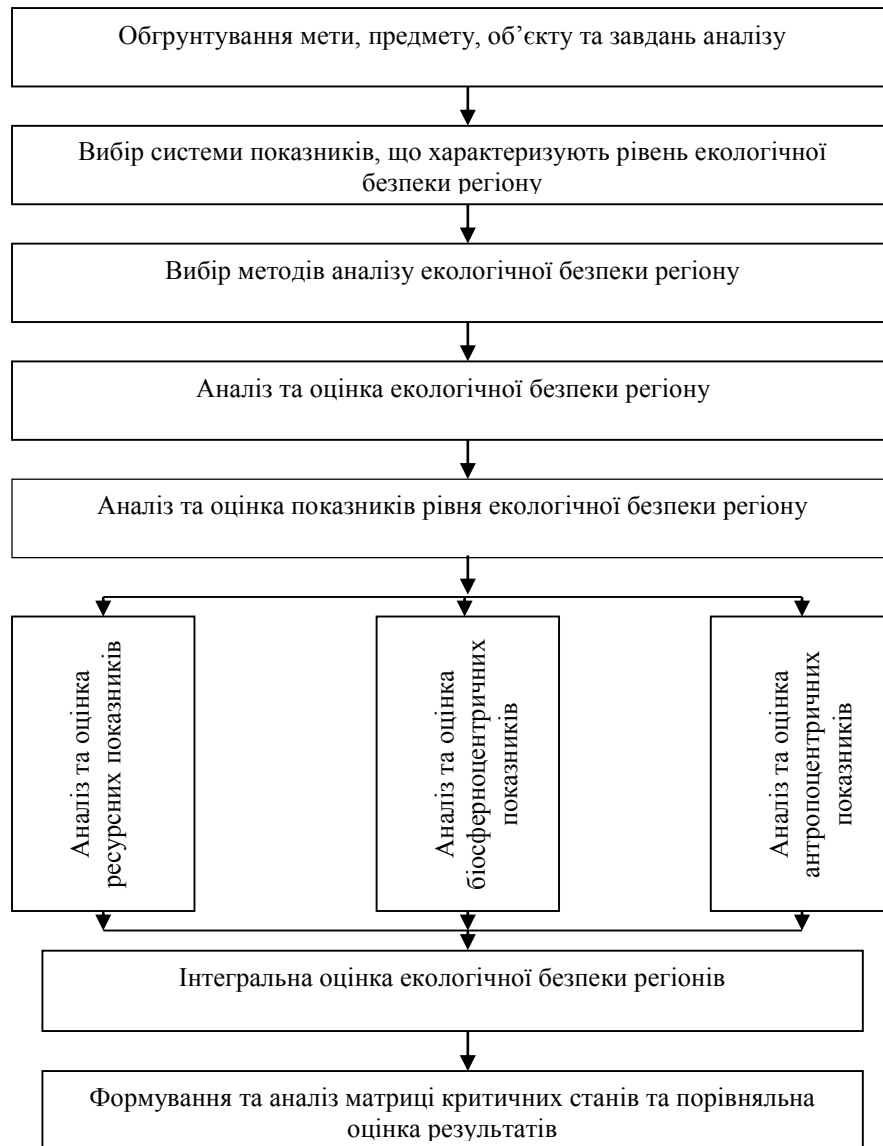


Рис.1 Етапи аналізу та оцінки рівня екологічної безпеки

Результати досліджень. У своїх дослідженнях усі показники групуємо в 3 блоки: ресурсний, біосфероцентричний та антропоцентричний (табл. 1). У ресурсному блоці проведемо аналіз показників, що відображають рівень і кількість залучення і виснаження природних ресурсів, кількість та рівень залучення ресурсів, раціональність та ефективність використання природних ресурсів, а

також діяльність щодо їх охорони та відтворення на довгострокову перспективу.

Біоцентричний блок буде включати показники, що відображають рівень забруднення довкілля регіону. Аналіз показників даного блоку дає можливість показати збереження та відтворення екологічних систем досліджуваної території.

1. Основні показники-індикатори для оцінки екологічної безпеки

	Група індикаторів	Назва показника-індикатора
	Блок ресурсних показників	-Площа ріллі, тис. га; -розораність території, %; -площа с/г угідь, тис. га; -с/г освоєність території, тис. га; -індекс водоспоживання, %; -обсяг використання свіжої води, млн. м³: - на господарсько-питні потреби, млн. м³/людину; - на виробничі потреби; - частка оборотної води у загальному обсязі використання на виробничі потреби, %; - обсяги внесення добрив мінеральних, органічних, ц; - площа вкритих лісом земель, тис.га - лісистість території, %; - частка природо-заповідного фонду, %.
	Блок біосферно-центричних показників	- Обсяг сумарних викидів шкідливих речовин в розрахунку на км² території, т. - щільність викидів забруднюючих речовин на душу населення, кг; - обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, тис.т; - обсяг викидів шкідливих речовин, т: - стаціонарними джерелами; - автотранспортом. - Викиди шкідливих речовин стаціонарними джерелами: діоксин сірки, діоксин азоту, метану, оксид вуглецю; - обсяг загального водовідведення (скидання забруднених зворотних вод), тис. т -частка забруднених зворотних вод у загальному обсязі скидання, %; -питомі показники утворення промислових токсичних відходів I-III класів небезпеки, т; -наявність відходів I-III класів небезпеки у спеціально відведених місцях або об'єктах на території підприємств, т. - кількість хімічно небезпечних об'єктів,од.
	Блок антропо-центричних показників	- Чисельність населення; -коефіцієнт народжуваності; - коефіцієнт смертності; - коефіцієнт дитячої смертності на 1000 народжених; - коефіцієнт захворюваності населення за основними причинами (на 100 тис нас) в т.ч.: - деяких інфекційних та паразитичних хвороб; - новоутворень; - хвороб органів травлення; - хвороб системи кровообігу; - хвороб органів дихання; - зовнішніх причин; - туберкульоз. - кількість хворих на активний туберкульоз, осіб - дитяча смертність до 1 року, осіб.

Антропоцентричний блок буде складатися із показників, які відображають соціальні та медико-демографічні показники регіону. Доведено, що стан здоров'я населення конкретної території, захворюваність на різні хвороби є відображенням умов проживання населення. Варто враховувати також, що таке середовище стосуються не лише природних ресурсів, але і свою роль відіграють економічні та соціальні чинники проживання людини.

Усі показники, згідно з методикою, поділяються на стимулятори і дестимулятори: - ті, за якими перевищення фактичних даних над m_{ax} є сприятливими для екологічної безпеки досліджуваної території називаються стимуляторами, а ті, за якими перевищення фактичних даних над m_{in} негативно впливають на рівень екологічної безпеки регіону називаються – дестимуляторами [4].

Згідно з табл.1 стимуляторами виступають, наприклад, такі показники як: лісистість, пасовища, споживання свіжої води, вода, частка земель лісового фонду в загальній площі області, а дестимуляторами – розораність земельної площі, урбанізація.

Рівень екологічної безпеки для індикаторів-стимуляторів розраховується за формулою:

$$P_{EBC_i} = \frac{I_E}{I_{max}}$$

де: P_{EBC_i} – рівень екологічної безпеки регіону за і-тим індикатором-стимулятором;

I_{Ei} – фактичне значення індикатора екологічної безпеки;

I_{max} – максимальне значення індикатора екологічної безпеки.

Для індикаторів-дестимуляторів рівень екологічної безпеки розраховується:

$$P_{EBC_i} = \frac{I_{min}}{I_E}$$

P_{EBC_i} – рівень екологічної безпеки регіону за і-тим індикатором-дестимулятором.

I_{Ei} – фактичне значення індикатора екологічної безпеки;

I_{min} – мінімальне значення індикатора екологічної безпеки.

Отже, на основі відповідних розрахунків згідно з цією методикою, отримали наступні результати. За блоком ресурсних показників: в зоні екологічної небезпеки розташовуються – 12 районів, в зоні екологічної загрози – 3 райони – Зарічненський, Рокитнівський, Сарненський, а в зоні екологічного ризику – 1 район Дубровицький.

У розрахунку за біосферноцентричним блоком спостерігаємо наступну ситуацію: у зоні екологічної небезпеки розташовуються – 5 районів, а саме Дубенський, Здолбунівський, Костопільський, Рівненський, Сарненський), в зоні екологічної загрози – 9 районів, в зоні екологічного безпеки – 2 райони –

Клименко О. М., Корнійко Л. М.

Дубровицький та Демидівський). Насамперед цю ситуацію можна пояснити наявністю великих підприємств-забруднювачів.

Найбільшими забруднювачами в таких районах є ТОВ «Свіспан Лімітед», ПрАТ „Костопільський завод скловиробів” – м. Костопіль, ТзОВ Завод покрівельних матеріалів "Еверест", ПрАТ «Сарненський завод мостових технологічних конструкцій» – м. Сарни. Основними підприємствами-забруднювачами в Рівненському районі є ПАТ «Рівнеазот», Рівненський полігон твердих побутових відходів, ТОВ "ОДЕК" Україна, ПраТ «Вераллія Україна». Для Здолбунівського району ПрАТ «Волинь-цемент», ТзОВ «Волинь-шифер». За обрахунками антропоцентричної складової маємо децю інші результати, оскільки 6 районів потрапили в зону ризику, а інші 10 районів – у зоні загрози.

2. Якісно-кількісна оціночна шкала рівня екологічної небезпеки регіону (З. В. Герасимчук, А. О. Олексюк) [4]

Якісна характеристика	Екологічно безпечний стан	Екологічно ризиковий стан	Екологічно загрозливий стан	Екологічно небезпечний стан
Кількісне значення рівня екологічної небезпеки регіону	0,6756 -1	0,4834 - 0,6755	0,1919-0,4833	0-0,1918

На основі проведених розрахунків можемо визначити інтегральний індекс екологічної

За результатами отриманих часткових показників безпеки ми можемо обчислити інтегральний показник екологічної безпеки. Загальний інтегральний показник екологічної безпеки, який відображатиме узагальнену характеристику стану довкілля в селітебних територіях Рівненської області, розрахуємо на основі часткових показників – ресурсного, біосферноцентричного та антропоцентричного.

Здобувши нову матрицю показників розрахуємо інтегральний рівень екологічної безпеки в Рівненській області за допомогою середнього геометричного.

$$\text{Інтегральний} = \sqrt[3]{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_n}$$

Кількісну і якісну оцінку рівня екологічної небезпеки розраховували використовуючи шкалу, запропоновану З. В. Герасимчук і А. О. Олексюк (табл. 2).

безпеки селітебних територій Рівненської області (табл. 3).

3. Інтегральний індекс екологічної безпеки Рівненської області

Райони	Інтегральний індекс	Рейтинг	Якісна оцінка
Березнівський	0,5359	1	Ризик
Володимирецький	0,4557	3	Загроза
Дубровицький	0,2474	12	Загроза
Зарічненський	0,2446	13	Загроза
Костопільський	0,2854	15	Загроза
Рокитнівський	0,3386	6	Загроза
Сарненський	0,1842	19	Небезпека
Здолбунівський	0,1713	16	Небезпека
Гошанський	0,2782	8	Загроза
Демидівський	0,4624	2	Загроза
Дубенський	0,4163	4	Загроза
Корецький	0,3337	7	Загроза
Радивилівський	0,2744	11	Загроза
Рівненський	0,1932	14	Небезпека
Млинівський	0,2758	10	Загроза
Острозький	0,3599	5	Загроза

Отже, за отриманими результатами було встановлено, що в переважній більшості у зоні екологічної загрози перебувають 12 районів, в зоні екологічної небезпеки – 3 райони Здолбунівський, Рівненський, Сарненський, у зоні екологічного ризику – 1 район Березнівський. Велика кількість районів, які перебувають у зоні загрози та небезпеки свідчить, що для цих районів притаманний високий рівень техногенного навантаження на довкілля.

Висновки. Отож, доведено, що оцінка екологічної безпеки має оцінюватися комплексно з використанням показників-індикаторів ресурсного-

біосфероцентричного та антропоцентричного блоків.

За рівнями безпеки селітебних територій області Березнівський район перебуває в зоні екологічного ризику (0,5359), у зоні екологічної загрози перебуває 12 районів (0,2446-0,4624), у зоні екологічної небезпеки знаходяться Здолбунівський, Рівненський, Сарненський райони (0,1713-0,1932), які в рейтингу із 16 районів посідають останні місця.

Результати досліджень оцінки та групування районів за рівнем екологічної безпеки селітебних територій важливі та необхідні для ефективного управління у рішенні наявних проблем на досліджуваних територіях.

Список використаних джерел

1. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 26 червня 1991 р. № 41. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> дата звернення 23.05.2020).

2. Герасимчук З.В., Вахович І.М., Голян В.А., Олексюк А.О. Трансформація інституціонального механізму природокористування в умовах глобалізації екологічні імперативи та системні суперечності: монографія. Луцьк: Надстир'я, 2006. 228 с.

3. Руденко Л.Г., Лісовський С.А. Концепція сталого (збалансованого) розвитку та її сприйняття в Україні. *Український географічний журнал*. 2005. №4. С. 3–10.

4. Герасимчук З.В., Олексюк А.О. Екологічна безпека регіону: діагностика та механізм забезпечення: монографія. Луцьк: Надстир'я, 2007. 280 с.

5. Хилько М.І., Кушерець В.І. Екологічна безпека України у запитаннях та відповідях. Київ. 2006. 144 с.

6. Самойлік М. Забезпечення ресурсно-екологічної безпеки у регіоні: теорія та практика. *Аграрна економіка*. 2014. Т.7. № 1-2. С. 131–137.

7. Хвесик М. А. Основні пріоритети державної політики в галузі раціонального використання охорони та відтворення водних ресурсів України. *Регіональна економіка*. 2002. № 1. С. 184–197.

8. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення: навч. посібн. Київ: НІСД, 2001. 312 с.

References

1. Pro oхoronu navkolyshnogo pryrodnogo seredovyshha: Zakon Ukrayiny (1991). [Law of Ukraine "On Environmental

Protection"]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.

2. Gerasymchuk Z. V., Vaxovych I. M., Golyan V. A., Oleksyuk A. O. (2006). Transformaciya instytucionalnogo mexanizmu pryrodokorystuvannya v umovax globalizaciyi ekologichni imperatyvy ta systemni superechnosti: monografiya [Transformation of the institutional mechanism of nature management in the conditions of globalization ecological imperatives and system contradictions]. Lutsk: Nadstyrya, 228.

3. Rudenko L.G., Lisovskyj S.A. (2005). Koncepciya stalogo (zbalansovanogo) rozvytku ta yiyi spryjnyattya v Ukrayini. [The concept of sustainable development and its perception in Ukraine]. Ukrainian Geographical Journal. № 4. 3–10.

4. Gerasimchuk Z.V., Oleksyuk A.O. (2007). Ekolohichna bezpeka rehionu: diahnostryka ta mekhanizm zabezpechennia. [Ecological safety of the region: diagnostics and support mechanism]. Luts'k : Nadstyr"ya, 280.

5. Khilko M.I., Kusherets V.I. (2006) Ekologichna bezpeka Ukrayiny u zapytanniyax ta vidpovidyax. [Ecological safety of Ukraine in questions and answers] Kyviv. 144. 6. Samoylik M. (2014) Zabezpechennya resursno-ekolohichnoyi bezpeky u rehioni: teoriya ta praktyka. Ahrarna ekonomika. T.7. № 1-2. P. 131–137.

7. Khvesyk M. A. (2002) Osnovni priorytety derzhavnoyi polityky v haluzi ratsional'noho vykorystannya okhorony ta vidtvorennya vodnykh resursiv Ukrayiny. Rehional'na ekonomika. № 1. P. 184–197.

8. Kaczynski A.B.(2001) Ekologichna bezpeka Ukrayiny: systemnyj analiz perspektyv pokrashhennya. [Environmental security of Ukraine: a systematic analysis of prospects for improvement] Kyviv: NISD, 312.

DIAGNOSTICS OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF RESIDENTIAL TERRITORIES OF THE RIVNE REGION BY GROUPS OF INDICATORS

O. M. Klymenko, L. M. Korniiiko

Abstract. The article considers the issue of assessing the state of ecological safety of residential areas of Rivne region. The diverse definitions of this concept by different scientists was analyzed by us. The purpose of the work is to determine the ecological

Клименко О. М., Корнійко Л. М.

safety of residential areas of Rivne region. Since the definition of site safety requires a comprehensive approach, it is based on assessing the socio-ecological safety of the study area. Achieving the goal is expected through the solution of the following tasks: substantiate the selection of indicators for the assessment of residential areas; to calculate the levels of security of residential areas of Rivne region for each district.

The method of evaluation of scientists Gerasymchuk Z.V., Oleksyuk A.O. is taken as a basis. It is proposed to divide all indicators into 3 blocks: resource, biosphere-centric and anthropocentric. The list of indicators representative for the studied territory is determined. On the basis of the calculated partial indicators according to a technique we will receive an integrated indicator of ecological safety of Rivne region.

This method of evaluation is quite practical and advanced, because it can be used to investigate the level of environmental safety of each administrative-territorial entity. Then, determined the integrated indicator of ecological safety, gives us the possibility to make a comparative description of the districts among themselves. Based on this, to ensure the environmental security of the territory it is necessary to form the main and auxiliary strategies, which will depend on the state of environmental security and financial capabilities of the region.

Keywords: *ecological safety, indicator, ecological condition, safety of life*

**БІОХІМІЧНІ ЕФЕКТИ ОЛІЙ РОЗТОРОПШІ ТА ЛЬОНУ ХОЛОДНОГО І
ГАРЯЧОГО ПРЕСУВАННЯ У ЩУРІВ ЗА УМОВ ГОСТРОГО КОЛІТУ****І. П. КОТЛЯР**, аспірант

E-mail: kotlyaririna1@gmail.com

Г. М. КУЗНЕЦОВА, кандидат біологічних наук

E-mail: biophyz@gmail.com

В. К. РИБАЛЬЧЕНКО, доктор біологічних наук, професор

E-mail: rybalchenko@univ.kiev.ua

Київський національний університет імені Тараса Шевченка<https://doi.org/dopovidi2021.04.003>

Анотація. Запальні захворювання кишечника (ЗЗК), до яких входить і виразковий коліт, є одними із найбільш серйозних і нині невирішених проблем сучасної гастроентерології. Етіологія ЗЗК і досі залишається не повністю з'ясованою, основними причинами вважаються спадкова схильність, алергічні реакції, харчування тощо. У зв'язку з цим важливим є профілактика цієї патології, зокрема, за допомогою харчових добавок природного походження, таких як рослинні олії лляна та розторопші, які застосовуються в народній медицині, у тому числі за запальних захворювань органів травлення. Дослідження, щодо їх можливих протизапальних ефектів на слизову оболонку товстої кишки та біохімічні показники крові за виразкового коліту не проводилось. Тому метою є оцінка антиоксидантної ефективності рослинних олій (лляної та розторопші, отриманих різними способами пресування) на моделі гострого коліту в щурів. Об'єкт дослідження: біохімічні механізми реалізації впливу олій розторопші та лляної різних способів віджиму за виразкового коліту. Досліджено ефекти олій насіння льону та розторопші плямистої, отриманих способом холодного (до 45 °C) і гарячого (до 95 °C) віджиму на розвиток гострого коліту в щурів. Показано, що застосування лляної олії як холодного так і гарячого пресування за умов додавання до корму у кількості 10 % упродовж 2 тижнів попереджає розвиток запальних та деструктивних змін у товстій кишці щурів за гострого коліту та негативні наслідки його в печінці (за наближенням до норми значень сироваткових маркерів її функціональної активності). Отримані дані можуть свідчити про те, що одним із механізмів реалізації протизапальної дії зазначених речовин є їх здатність зменшувати окисний стрес – один з основних чинників і промоторів запалення.

Ключові слова: олія розторопші, лляна олія, гострий коліт

Актуальність дослідження. За ускладнень запальні захворювання важкістю перебігу та частотою кишечника (ЗЗК) займають одне з

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.

провідних місць у структурі хвороб шлунково-кишкового тракту [1]. Етіологія ЗЗК є, імовірно, аутоімунної природи, основними причинами вважаються спадкова схильність, алергічні реакції, харчування тощо [2]. Для ЗЗК характерні дистрофічні та атрофічні зміни слизової оболонки товстої кишки, що супроводжуються розладом її секреторної і моторної функцій, порушенням травлення, а також позакишкові прояви (загальна інтоксикація, ураження печінки, суглобів, слизових оболонок та шкіри) [2].

Для терапії виразкового коліту, як правило, використовують протизапальні засоби, зокрема, препарати на основі 5-аміносаліцилової кислоти, кортикостероїди, імунодепресанти. Але традиційні засоби мають низку побічних ефектів: ерозії, крововиливи та порушення функцій шлунково-кишкового тракту, гепатити, панкреатити, пригнічення кровотворення, зростання ризику інфекцій, гормональні розлади, алергічні реакції. У зв'язку з цим важливою є профілактика цієї патології, зокрема, за допомогою харчових добавок природного походження, що вважаються порівняно безпечними та придатними до тривалого застосування [3]. Перспективними в цьому плані вважаються олії з насіння льону

олійного (*Linum usitatissimum*) та розторопші плямистої (*Silybum marianum*), які застосовуються за запальних захворювань органів травлення. Відомо, що олія льону багата на $\omega 3$ поліненасичену α -ліноленову жирну кислоту, яка характеризується широким спектром біологічної дії в організмі [4, 11], а розторопші плямистої містить силібінін — флавонолігнан, який має протизапальні та гепатопротекторні властивості [5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останній час активно вивчається профілактика виразкового коліту, зокрема, за допомогою олій розторопші та льону різних способів віджиму, як харчові добавки природнього походження.

Мета дослідження — оцінити вплив рослинних олій, отриманими різними способами пресування, на розвиток гострого коліту в щурів, а саме вплив на прооксидантно-антиоксидантний стан слизової оболонки товстої кишки, а також загальний стан організму (за показниками сироватки крові).

Матеріали та методи. Піддослідних тварин утримували на раціонах, збагачених рослинними оліями (10 % раціону), упродовж 18 діб. Використовували олії з насіння льону та розторопші плямистої, отримані способами холодного (43-45 °С) та

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.

гарячого (до 95 °С) пресування. Гострий коліт моделювали шляхом ректального введення 0,5 мл 10 % оцтової кислоти [6, 9] на 15-ту добу експерименту. Тварини контрольної групи отримували фізіологічний розчин.

Експериментальні групи в дослідженні на моделі гострого коліту:

I група – Дослідний контроль (n=5); II група – Коліт (n=5); III група – Коліт + збагаченому рафінованою соняшниковою олією (СО) (n=5); IV група – Коліт + збагаченому лляною олією холодного пресування (ЛХ) (n=5); V група – Коліт + збагаченому лляною олією гарячого пресування (ЛГ) (n=5); VI група – Коліт + збагаченому олією розторопші холодного пресування (РХ) (n=5); VII група – Коліт + збагаченому олією розторопші гарячого пресування (РГ) (n=5).

Тварин декапітували, видаляли товсту кишку (від ректальної ампули прямої кишки до сліпої) та промивали оксигенованим фізіологічним розчином. Кишку вивертали та промивали буферним розчином наступного складу: 100 мМ фосфатний буферний розчин з 1 мМ ЕДТА та інгібітор протеїназ (0,4 мМ фенілметансульфонілфториду), рН 7,0. Слизову оболонку швидко заморожували та зберігали в рідкому азоті. Зразки розморожували та

проводили м'яку гомогенізацію в скляному гомогенізаторі зі слабо притертим тefлоновим пестіком у буферному середовищі, що описаний вище. Гомогенат центрифугували за 10 000 g упродовж 15 хв, збирали надосадову рідину. Активність супероксиддисмутази (СОД) та каталази визначали, згідно з методиками праць [7], вміст білка в отриманих препаратах — методом Лоурі [8]. Кров через 20-30 хв після завершення процесу зсідання, центрифугували на центрифугу ОПН-8 за 1000 g 10 хв для отримання сироватки. В сироватці шурів визначали активність АлАТ, АсАТ, вміст загального і прямого білірубину і креатиніну за допомогою стандартних наборів реактивів фірми «Філісіт-Діагностика» (Україна).

Математичну обробку експериментальних результатів проводили з використанням програм статистичного пакета аналізу даних в Microsoft Excel. Для визначення вірогідних відмінностей між середніми величинами використовували t-критерій Стюдента.

Результати досліджень та їх обговорення. Показано, що додавання рослинних олій лляної та розторопші обох способів пресування, а також соняшникової, до корму здорових тварин не спричиняло змін кількості продуктів ПОЛ і окислених

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.

карбонільних груп (ОКГ) та активності ферментів антиоксидантного захисту в слизовій оболонці товстої кишки.

Встановлено, що вплив лляної олії холодного та гарячого віджиму, а також

олії розторопші холодного віджиму під час коліту не впливає на вміст ОКГ білків в цитозолі (рис. 1.).

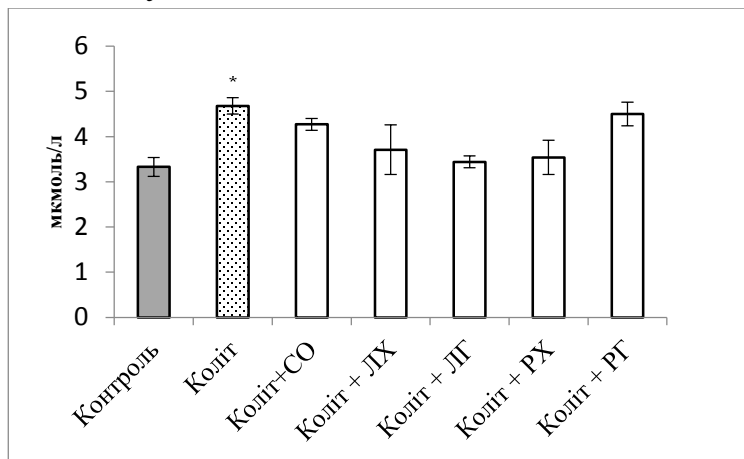


Рис. 1. Концентрація карбонільних груп білків в слизовій оболонці товстої кишки щурів, що утримувалися на раціонах, збагачених рослинними оліями, за умов індукції гострого коліту; ($M \pm m$; $n = 5$), * - $p \leq 0,05$ порівняно з контролем.

Після впливу оцтової кислоти в групі коліту збільшується вміст ОКГ порівняно з контрольними значеннями ($p < 0,05$) (рис 1) та зростання вмісту

МДА (рис. 2). Додавання до раціону рослинних олій перед індукцією коліту повністю нівелює ефект оцтової кислоти (група коліт).

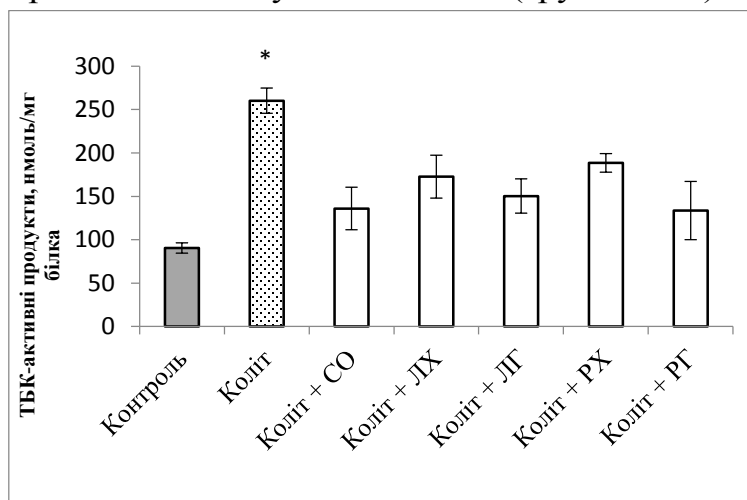


Рис. 2. Концентрація малонового діальдегіду в слизовій оболонці товстої кишки щурів, що утримувалися на раціонах, збагачених рослинними оліями, за умов індукції гострого коліту; ($M \pm m$; $n = 5$), * - $p \leq 0,05$ порівняно з контролем.

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.

Відсутність змін окисної модифікації білків цитозолу та вмісту МДА свідчить, що досліджувані нами олії (ЛГ, ЛХ, РХ) попереджають розвиток окисних процесів у слизовій оболонці товстої кишки за індукції її гострого запалення. Тобто ми можемо припустити антиоксиданту дію цих олій або ж їх здатність стимулювати захисні процеси у слизовій оболонці, наприклад, продукцію слизу келихоподібними клітинами, збільшення антиоксидантної ємності системи антиоксидантного захисту тощо [10, 11].

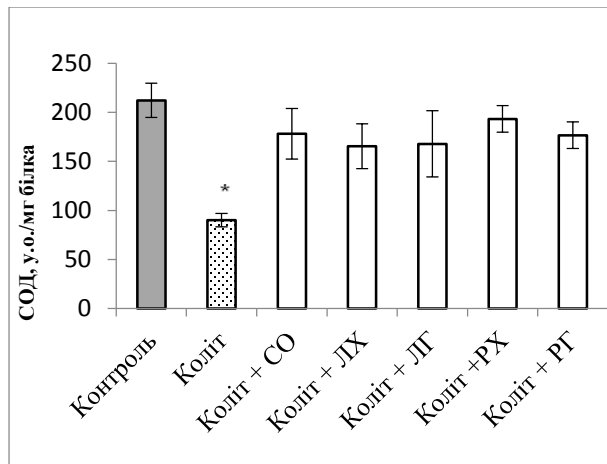
Аналізуючи стан системи антиоксидантного захисту було встановлено, що у групі з колітом активність СОД знижується на 60 % порівнюючи з контрольними значеннями (рис. 3). За попереднього введення до раціону рослинних олій (незалежно від типу і способу пресування) перед індукцією коліту активність СОД відновлюється до контролю.

Встановлено, що після інтрагастрального введення олій льону гарячого віджиму тваринам відбувається зниження активності

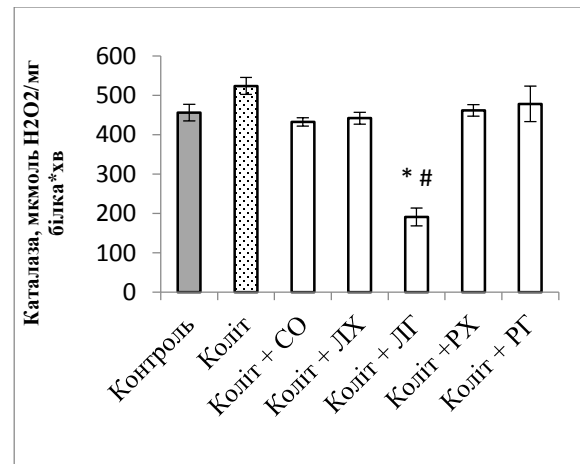
каталази на 34 % порівнюючи з контрольними значеннями (рис. 3). У всіх інших випадках, в тому числі і за індукції коліту, змін активності каталази не спостерігалось. Такі особливості каталазної активності можуть бути пов'язані з її відносною нечутливістю (порівнюючи з СОД) до підвищеного вмісту АФК, або ж із компенсаторною активністю ферментів-синергістів, зокрема, глутатіон-пероксидази.

Встановлено, що у групі коліту активність ферменту першої лінії антиоксидантного захисту – СОД, у слизовій оболонці товстої кишки знижується (рис. 3), і це зниження корелює із підвищенням вмісту МДА та КГ (рис. 1, 2). Зареєстровані зміни свідчать про розвиток оксидативного стресу та порушення активності системи антиоксидантного захисту за гострого запалення товстої кишки, та відновлення її прооксидантно-антиоксидантної рівноваги за профілактичного застосування рослинних олій, що узгоджується із даними про їх протизапальну та протекторну активність.

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.



а



б

Рис. 3. Супероксиддисмутаза (а) і каталазна (б) активності в слизовій оболонці товстої кишки щурів, що утримувалися на раціонах, збагачених рослинними оліями, за умов індукції гострого коліту; ($M \pm m$; $n = 5$).

* - $p \leq 0,05$ порівняно з контролем, # - $p \leq 0,05$ порівняно з колітом.

Застосування рослинних олій у АсАТ та вмісту білірубіну в сироватці здорових тварин не викликало крові (табл.1). вірогідних змін активностей АлАТ,

1. Біохімічні показники крові у щурів після введення олій розторопші та льону холодного і гарячого пресування за умов гострого коліту. ($M \pm m$)

Фіз	Параметри	Контр.	Коліт	Коліт + СО	Коліт + ЛХ	Коліт + ЛГ	Коліт + РХ	Коліт + РГ
Біохімічні показники	АлАТ, мкмольпірува ту/год*мл	1,89±0,12	2,38±0,16	1,63±0,12	1,88±0,11	1,75±0,24	2,2±0,12	1,52±0,24
	АсАТ, мкмольпірува ту/год*мл	2,51±0,27	2,44±0,22	2,27±0,24	2,48±0,23	2,37±0,17	2,48±0,3	2,56±0,37
	загальний білірубін, мкмоль/л	12,56±2,5	12,97±1,75	17,95±1,45	17,71±1,8	12,84±1,93	12,68±2,42	13,12±1,75
	прямий білірубін, мкмоль/л	3,54±0,22	4,78±0,13	4,31±0,15	4,01±0,65	3,84±0,23	3,34±0,41	3,23±0,56
	креатинін	3,33±0,21	4,68±0,18	4,27±0,13	3,71±0,55	3,44±0,13	3,54±0,38	4,5±0,26

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.

Застосування рослинних олій обох способів пресування сприяє відновленню до контрольних значень підвищеної за гострого коліту активності АлАТ, що, може, свідчити про захисний системний ефект цих олій.

Зміни прямого білірубину – підвищеного за гострого коліту (на 35 %) та близького до норми за профілактичного застосування рослинних олій – підтверджують дані щодо їх гепатопротекторного впливу.

Підвищена кількість креатиніну в крові є важливим показником порушення фільтрувальної і видільної функції нирок та використовується в діагностиці їх стану (табл. 1).

Встановлено, що після впливу ЛХ, ЛГ рівень креатиніну в сироватці крові щурів є в межах фізіологічної норми. Вміст креатиніну в сироватці крові щурів під впливом РХ не змінюється, а під впливом РГ

спостерігається його збільшення на 35 % порівнюючи з контрольними значеннями ($p \leq 0,1$).

Висновки і перспективи.

Отже, показано, що застосування лляної олії, як холодного (до 40°C) так і гарячого (95°C) пресування за умов додавання до корму в кількості 10 % упродовж 2 тижнів попереджає розвиток запальних змін у товстій кишці щурів за гострого коліту та негативні наслідки його в печінці (за наближенням до норми значень сироваткових маркерів її функціональної активності) (табл. 1). Рослинні олії, особливо холодного пресування, сприяють зменшенню кількості продуктів перекисного окиснення ліпідів та білків (підвищеної за гострого коліту) та нормалізації активності ферментів антиоксидантного захисту (супероксиддисмутази, каталази).

Список використаних джерел

1. Lakatos P.L. Recent trends in the epidemiology of inflammatory bowel diseases: up or down? *World J. Gastroenterol.* 2006. 12, № 38. P. 6102—6108.
2. Feuerstein J.D., Cheifetz A.S. Ulcerative colitis: epidemiology, diagnosis, and management. *Mayo Clin. Proc.* 2014. 89, № 11. P. 1553—1563.
3. Amani S.A., Reham M.M., Gamal A.S. Natural products in treatment of ulcerative colitis and peptic ulcer. *J. Saudi Chem. Soc.* 2013. 17. P. 101—124.
4. Calder P.C. Omega-3 Fatty Acids and Inflammatory Processes. *Nutrients.* 2010. 2. P. 355—374.

5. Verma N., Paul J. Silibinin ameliorates Dextran Sodium Salt induced colitis in mice and prevents overexpression of inflammatory genes in lipopolysaccharide activated human macrophages. *Inflammation and cell signaling.* 2014. 1. P. e117.

6. Fitzpatrick L.R., Bostwick J.S., Renzetti M. Antiinflammatory effects of various drugs on acetic acid induced colitis in the rat. *Agents Actions.* 1990. 30. P. P393—P403.

7. Артюхов В.Г., Наквасин М.А. Биологические мембраны: структурная организация, функции, модификация физико-химическими агентами. Воронеж: Изд. Воронежского гос. ун-та, 2000. 295 с.

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рыбальченко В. К.

8. Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A.L., Randall R. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193, № 1. P. 265-275.

9. Stevens TW, Gecse K, Turner JR, de Hertogh G, Rubin DT, D'Haens GR. Diagnostic Accuracy of Fecal Calprotectin Concentration in Evaluating Therapeutic Outcomes of Patients With Ulcerative Colitis. Clinical Gastroenterol Hepatol. 2020 [cited 2020 August 12]. doi.org/10.1016/j.cgh.2020.08.019

10. Balmus I, Ciobica A, Trifan A, Stanciu C. The Implications of Oxidative Stress and Antioxidant Therapies in Inflammatory Bowel Disease: Clinical Aspects and Animal Models. Saudi J Gastroenterol 2016; 22(1): 3–17

11. Ruggiero C., Lattanzio F., Lauretani F., et.al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and immune-mediated diseases: inflammatory bowel disease and rheumatoid arthritis. Curr Pharm Des. 2009. V.15, N36. P.4135-48.

References

1. Lakatos, P. L. (2006). Recent trends in the epidemiology of inflammatory bowel diseases: up or down. World J. Gastroenterol., 12, No. 38, pp. 6102-6108.

2. Feuerstein, J. D. & Cheifetz, A. S. (2014). Ulcerative colitis: epidemiology, diagnosis, and management. Mayo Clin. Proc., 89, No. 11, pp. 1553-1563.

3. Amani, S. A., Reham, M. M. & Gamal, A. S. (2013). Natural products in treatment of ulcerative colitis and peptic ulcer. J. Saudi Chem. Soc., 17, pp. 101-124.

4. Calder, P. C. (2010). Omega-3 Fatty Acids and Inflammatory Processes. Nutrients, 2, pp. 355-374.

5. Verma, N. & Paul, J. (2014). Silibinin ameliorates Dextran Sodium Salt induced colitis in mice and prevents overexpression of inflammatory genes in lipopolysaccharide activated human macrophages. Inflammation and cell signaling, 1, e117.

6. Fitzpatrick, L. K., Bostwik, J. S. & Renzetti, M. (1990). Antiinflammatory effects of various drugs on acetic acid induced colitis in the rat. Agents Actions, 30, pp. P393-P403

7. Artyukhov V.G., Nakvasina M.A. (2000). Biologicheskii membrany: strukturnaya organizatsiya, funktsii, modifikatsiya fiziko-himicheskimi agentamy [Biological membranes: structural organization, functions, modification by physical and chemical agents]. Voronezh: Voronezh University Press, 295 p.

8. Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A.L., Randall R. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. Vol. 193, № 1. P. 265-275.

9. Stevens T. W., Gecse K., Turner J. R., de Hertogh G., Rubin D.T., D'Haens G. R. (2020). Diagnostic Accuracy of Fecal Calprotectin Concentration in Evaluating Therapeutic Outcomes of Patients With Ulcerative Colitis. Clinical Gastroenterol Hepatol. [cited 2020 August 12]. doi.org/10.1016/j.cgh.2020.08.019

10. Balmus I, Ciobica A, Trifan A, Stanciu C. (2016). The Implications of Oxidative Stress and Antioxidant Therapies in Inflammatory Bowel Disease: Clinical Aspects and Animal Models. Saudi J Gastroenterol; 22(1): 3–17

11. Ruggiero, C. Lattanzio, F., Lauretani, F., et.al. (2009). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and immune-mediated diseases: inflammatory bowel disease and rheumatoid arthritis. Curr Pharm Des. V.15, N36. P.4135-48.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МАСЕЛ РАСТОРОПШИ И ЛЬНА ХОЛОДНОГО И ГОРЯЧЕГО ОТЖИМА У КРЫС ПРИ ОСТРОМ КОЛИТЕ

И. П. Котляр, Г. Н. Кузнецова, В. К. Рыбальченко

Аннотация. Воспалительные заболевания кишечника (ВЗК), в которые входит и язвенный колит, являются одними из самых серьезных и сейчас не решенных проблем современной гастроэнтерологии. Этиология ВЗК до сих пор

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.

остається повністю в'яченою, основними причинами вважаються спадкова схильність, алергічні реакції, харчування і тому подібне. В зв'язі з цим важливою є профілактика цієї патології, в частині з допомогою харчових добавок природного походження, таких як рослинні масла льняне і ріпчасте, які застосовуються в народній медицині, в тому числі при запальних захворюваннях органів травлення. Дослідження, по їх можливим протизапальним ефектам на слизову оболонку товстої кишки і біохімічні показники крові при язвенній коліті не проводилося. Тому метою є оцінка антиоксидантної ефективності рослинних масел (льняного і ріпчасте, отриманих різними способами пресування) на моделі гострої коліти у щів. Об'єкт дослідження: біохімічні механізми реалізації впливу масел ріпчасте і льняної різними способами отжиму при язвенній коліті. Досліджені ефекти масел з насіння льна і ріпчасте п'янистої, отриманих способом холодного (до 45 °С) і гарячого (до 95 °С) отжиму, на розвиток гострої коліти у щів при використанні з кормом. Показано, що застосування льняного масла як холодного, так і гарячого отжиму в умовах додавання в корм в кількості 10 % в період 2 тижнів запобігає розвитку запальних і деструктивних змін в товстій кишці щів гострої коліти і негативні наслідки його в печінці (за наближенням до норми значень сировоткових маркерів її функціональної активності). Отримані дані можуть свідчити про те, що одним з механізмів реалізації протизапального дії вказаних речовин є їх здатність зменшувати окислювальний стрес – один з основних факторів і промоторів запалення.

Ключові слова: масло ріпчасте, льняне масло, гострий коліт

BIOCHEMICAL EFFECTS OF COLD AND HOT-PRESSED THISTLE AND LINSEED OILS IN RATS WITH ACUTE COLITIS

I. P. Kotlyar, H. M. Kuznietsova, V. K. Rybalchenko

Abstract. Inflammatory bowel disease (IBD) which includes ulcerative colitis (UC), is one of the most serious and currently unresolved problems of modern gastroenterology. The etiology of IBD is still not fully understood, the main causes are considered to be hereditary predisposition, allergic reactions, nutrition, etc. In this regard, it is important to prevent this pathology, in particular with the help of food supplements of natural origin, such as vegetable oils of flax and milk thistle, which are used in traditional medicine, including inflammatory diseases of the digestive system. Studies on their possible anti-inflammatory effects on the colonic mucosa and biochemical parameters of blood in ulcerative colitis have not been performed. Therefore, the aim is to evaluate the antioxidant effectiveness of vegetable oils (flaxseed and milk thistle, obtained by different methods of pressing) in a model of acute colitis in rats. Object of research: biochemical

Котляр І. П., Кузнецова Г. М., Рибальченко В. К.

mechanisms of realization of influence of thistle and flaxseed oils of different methods of extraction at ulcerative colitis. The effects of linseed and milk thistle oils obtained by cold pressing (to 45°C) and hot pressing (to 95°C) on the development of acute colitis in rats, when administered with food, have been investigated. It was shown that the use of linseed oil both cold and hot-pressed under conditions of adding it to the feed in an amount of 10 % for 2 weeks prevents the development of inflammatory and destructive changes in the colon of rats with acute colitis and its negative consequences in the liver (for approaching to the normal values of serum markers of its functional activity). The data obtained may indicate that one of the mechanisms of implementation of the anti-inflammatory action of these substances is their ability to reduce oxidative stress - one of the main factors and promoters of inflammation.

Keywords: *flaxseed oil, milk thistle oil, acute colitis*

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАПОРІЗЬКОГО
(ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА****Ю. В. НІКОЛЕНКО**, аспірант, <https://orcid.org/0000-0001-6719-4282>**О. В. ФЕДОНЕНКО**, доктор біологічних наук, професор,
<https://orcid.org/0000-0001-9702-6589>*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара**E-mail: jul.nikolenko@gmail.com*<https://doi.org/dopovidi2021.04.004>

Анотація. Екологічна оцінка вод є невід'ємною частиною моніторингу водних об'єктів, вона дає інформацію про воду, як складову гідроекосистеми, середовище існування гідробіонтів і важливу частину природного середовища, що є необхідним для встановлення екологічних нормативів якості води та вжиття заходів щодо покращення екологічного стану водних об'єктів. На сучасному етапі існування Запорізьке (Дніпровське) водосховище зазнає посиленого антропогенного впливу, що впливає на якість води. Погіршується екологічний стан водойми, спостерігається масове цвітіння водоростей.

Мета роботи надати інтегральну екологічну оцінку якості води на різних ділянках Запорізького водосховища.

У статті проведено розрахунок блокових індексів та надано екологічну оцінку якості води Запорізького водосховища згідно з „Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями.

Встановлено, що оцінка якості води за критеріями забруднення компонентами сольового складу свідчить про те, що на більшості досліджуваних точок ситуація у водному об'єкті «добра», найгірші показники зафіксовані в Самарській затоці, де упродовж тривалого періоду часу спостерігається підвищена мінералізація.

Найгіршими показниками та високою амплітудою коливань індексу, характеризувався торфо- сапробологічний блок.

За вмістом показників токсичної й радіаційної дії уздовж всієї досліджуваної акваторії не спостерігалось суттєвих відхилень, що дає можливість віднести воду до одного класу.

Встановлено, що якість вод Запорізького водосховища за середньорічними даними за станом характеризується як «добра», за ступенем чистоти – «чиста, досить чиста». Проте, упродовж досліджуваного періоду спостерігалися значні відхилення від середнього, особливо в літній період.

Ключові слова: екологічна оцінка, індекс, якість води, забруднення

Актуальність. Посилений гідроекосистеми [16, 17]. У річки антропогенний тиск та зміна клімату надходять недостатньо очищені й чинять значний вплив на неочищені господарсько-побутові та

Ніколенко Ю. В., Федоненко О. В.

промислові стічні води, поверхневий стік із сільськогосподарських угідь та ін.

Тому проведення оперативного й ефективного моніторингу оцінки якості поверхневих вод на сьогодні є надзвичайно актуальним [3, 9]. Оцінювання якості екологічного середовища є важливим параметром сталого розвитку, необхідна для управлінської політики та стратегії [12, 13]. Адже, така оцінка дає інформацію про воду, як складову гідроекосистеми, середовище мешкання гідробіонтів і важливу частину природного середовища, в якому мешкає людина, а також є базою для встановлення екологічних нормативів якості води щодо певних водних об'єктів чи їх частин, груп водних об'єктів та басейнів річок [6, 11].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Запорізьке водосховище, що розташоване в межах Придніпровського промислового регіону, знаходиться під стійким техногенним навантаженням [8]. Постійно зростаючий антропогенний тиск спричиняє значні зміни у гідрохімічному режимі [14]. Змінені екологічні умови річки спричинили глибокі гідробіологічні зміни, зменшилося біорізноманіття. Незважаючи, на це водойма має багатоцільове призначення [10, 14, 8]. Тому дослідження її екологічного стану є нагальною потребою для виявлення змін, що відбуваються у

водосховищі, встановлення антропогенного впливу та для безпечного водокористування.

Мета роботи. Здійснення комплексного екологічного оцінювання якості води на різних ділянках Запорізького водосховища за відповідними категоріями згідно положень нормативної національної методики [7].

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили упродовж вегетаційного періоду 2019 р. на 5 ділянках по акваторії Запорізького водосховища, які відрізняються гідрологічними та гідрохімічними умовами: Самарська затока, Фестивальний причал, о. Монастирський, гирло р. Мокра Сура та нижня ділянка водосховища (у районі с. Військове) (рис.1).

У воді Запорізького водосховища відповідно до загальноприйнятих гідрохімічних методик, визначали: температуру, загальну мінералізацію, рН, вміст розчиненого кисню, аміаку, сульфатів та хлоридів, біогенні елементи, кількість розчиненої органічної речовини за показниками перманганатної окиснюваності [1, 7].

Питому активність радіонуклідів у підготовлених зразках визначали за допомогою сцинтиляційного спектрометра енергії гамма-випромінювання СЕГ-001 «АКП-С» та спектрометра бета-випромінювання СЕБ01-150 [2].



Рис. 1. Карта-схема точок відбору проб

Концентрацію важких металів у пробах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С115-М1, за відповідних довжин хвиль, що відповідали максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів згідно зі стандартними методиками [1, 5].

Паралельно проводили відбір проб фітопланктону із поверхневого горизонту (0,25 м) у пластикові ємності. Фіксацію, концентрацію й камеральне опрацювання проводили відповідно до загальноприйнятих гідробіологічних методів.

Екологічна оцінка якості води Запорізького водосховища виконувалась у відповідності з «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», затвердженою Наказом Мінекобезпеки від 31.03.98 р. № 44 [7]. Згідно з цією методикою визначають показники за трьома блоками речовин: сольового складу, трофо-сапробіологічного блоку та блоку специфічних речовин токсичної дії.

Обчислення інтегрального (екологічного) індексу (I_e) здійснюється за формулою:

$$I_e = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;

I_2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників;

I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Результати дослідження та їх обговорення. Проаналізувавши динаміку мінералізації, нами встановлено, що вода в Запорізькому водосховищі належить до гіпо- та олігогалінного типу. Відповідно до сольового складу вода у водосховищі, на всіх точках відбору, крім Самарської затоки належить до II класу, 3 категорії, 3 субкатегорії, лише на нижній ділянці водосховища до 3(4) субкатегорії, та

характеризується за якістю вод та їх станом як: «добра», за ступенем чистоти: «досить чиста» (табл. 1). Найгірші значення блокового сольового індексу зафіксовані в Самарській затоці, що відповідає III класу, 5 категорії, 5(1) субкатегорії: «задовільна, посередня», «забруднена, помірна забруднена».

Відповідно, до індексів трофо-сапробіологічних показників (табл.1), вода в Запорізькому водосховищі в досліджуваний період належала до III класу, 4 категорії, 4(1)–4-5 субкатегорій, що характеризується за якістю вод та їх станом як: «задовільна»; за ступенем чистоти: «забруднена», «слабо забруднена». У районі Самарської затоки та гирла ріки Мокра Сура спостерігалися “перехідні” субкатегорії за якістю від “задовільних”, “слабо забруднених” до “посередніх”, “помірно забруднених”.

Трофо-сапробіологічний блок представлений найвищими значеннями блокового індексу, а отж, в найбільшій мірі впливає на інтегральну екологічну оцінку вод Запорізького водосховища. Найбільше на екологічну оцінку і відповідно якість води Запорізького водосховища впливали: вміст біогенних речовин, показники перманганатної окиснюваності, розчиненого кисню та значна біомаса фітопланктону, що сприяло евтрофікації.

1. Екологічна оцінка якості води Запорізького водосховища за середньорічними значеннями

Показник	Точки відбору				
	Самарська затока	Фестивальний причал	о. Монастирський	Гирло р.Мокра Сура	Нижня ділянка водосховища
Сольовий блок					
Сума іонів	V(7)	II (3)	II (3)	II (3)	II (3)
Хлориди	III (4)	II (3)	II (3)	II (3)	III (4)
Сульфати	II (3)	II (3)	II (3)	II (3)	II (3)
I ₁	4,7	3	3	3	3,3
Торфо-сапробологічний блок					
pH	II (2)	II (2)	I (1)	II (2)	II (3)
Азот амонійний	III (5)	III (5)	II (3)	II (3)	III (5)
Азот нітритний	III (5)	III (5)	V (7)	V (7)	III (5)
Азот нітратний	III (5)	III (4)	IV (6)	III (4)	II (3)
Фосфор фосфатів	III (5)	I (1)	I (1)	III (4)	I (1)
Розчинений кисень	III (5)	III (5)	III (4)	III (5)	III (4)
Перманганатна окиснюваність	III (5)	III (5)	III (5)	III (5)	III (4)
Біомаса фітопланктону	IV (6)	III (5)	III (5)	III (5)	III (5)
I ₂	4,8	4	4	4,4	3,8
Блок специфічних показників токсичної і радіаційної дії					
Кадмій	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)
Мідь	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)
Цинк	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)
Нікель	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)
Залізо (загальне)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)
Марганець	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)
Свинець	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)
¹³⁷ Cs	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)	I (1)
⁹⁰ Sr	III (4)	III (4)	III (4)	III (4)	III (4)
I ₃	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
I _e	3,6	2,8	2,8	2,9	2,8

Згідно зі значеннями специфічних показників токсичної та радіаційної дії, вода належить до I класу, 1 категорії, 1(2) субкатегорії та характеризувалась як: «відмінна», «дуже чиста» (табл.1). Найгірші показники за цим блоком, на всіх досліджуваних ділянках зафіксовані лише за вмістом ⁹⁰Sr. Загалом за вмістом показників токсичної і

радіаційної дії на протязі всієї досліджуваної акваторії не спостерігалось суттєвих відхилень, що дозволяє віднести воду до одного класу.

Найвищі значення інтегрального (екологічного) індексу спостерігалися в Самарській затоці і дозволяють віднести води до II класу, 3 категорії, 3-4 субкатегорії, що

Ніколенко Ю. В., Федоненко О. В.

характеризуються як перехідні за станом, від «добрих» до «задовільних», за ступенем чистоти: «досить чистих» – «помірно забруднених». Встановлено, що екологічний стан Самарської затоки погіршується, як за рахунок речовин сольового блоку, так і трофосапробіологічного (еколого-санітарного).

Погіршення якості води в затоці пов'язується в першу чергу зі слабкою проточністю води та великою площею мілководдя, що сприяє застійним явищам, цвітінню води. Також на гідроекологічний стан затоки значно впливають високомінералізовані шахтні стічні води [4, 8] що і зумовило високу амплітуду коливань індексу забрудненості компонентами сольового складу (I_e 3,3–4,8).

На інших точках значення інтегрального (екологічного) індексу майже не відрізнялися і дозволяли віднести води до II класу, 3 категорії, 3(1) та 3 субкатегорії: «добрі», «чисті, досить чисті».

Отже, за середньорічними даними якість води в Запорізькому водосховищі за станом характеризується як «добра», а за ступенем чистоти – «чиста, досить чиста». Як і більшість водойм, що протікають через індустріальні міста,

у Запорізькому водосховищі серед фітопланктону переважають індикатори β -мезосапробної зони. Переважаючий тип трофності – евтрофний.

У літній період ситуація дещо погіршується (рис. 2), інтегральний індекс змінювався в межах 2,8–3,5, в середньому 2,9, що на 7% перевищує весняні значення та 4% осінні. Води характеризуються, як перехідні від II класу, 3 категорії – «добрі», «чисті, досить чисті», до III класу, 4 категорії – «задовільні посередні», «забруднені, слабо забруднені». Погіршення показників саме в літній період пов'язано зі змінами клімату, в тому числі і глобальним потеплінням, адже при збільшенні температури води посилюються процеси евтрофікації, спостерігається масове цвітіння, що впливає на якість за рахунок посилення багатьох форм забруднення води [15].

Проаналізувавши отримані дані ми бачимо, що незважаючи на посилений антропогенний тиск та значні обсяги стічних вод, що надходять до водосховища, простежується динаміка погіршення екологічного стану води в літній період і поступове покращення в осінній та весняні періоди, що вказує на самоочисну здатність водойми.

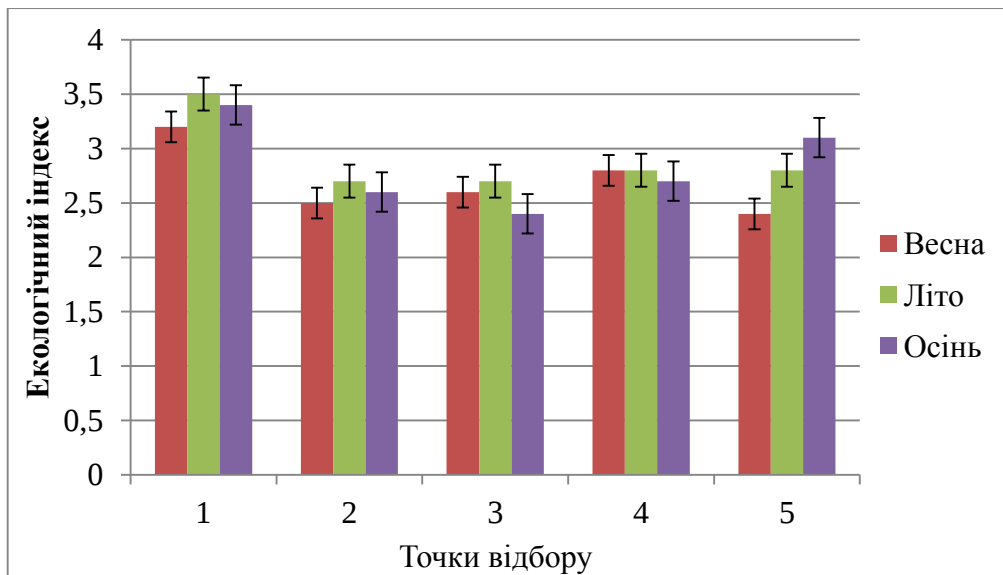


Рис.2. Графік динаміки екологічного індексу якості води Запорізького водосховища на різних точках відбору 1. Самарська затока; 2. Фестивальний причал; 3. о. Монастирський; 4. Гирло ріки Мокра Сура; 5. Нижня ділянка водосховища (в районі с. Військове)

Висновки і перспективи (Discussion). За середньорічними даними води в Запорізькому водосховищі належать до II класу, 2 категорії, 3(1) субкатегорії та характеризуються за станом як: «добрі», за ступенем чистоти – «чисті, досить чисті».

Амплітуда коливань інтегрального (екологічного) індексу становить 2,4–3,5. Найгірші показники зафіксовані в Самарській затоці, що в основному пов'язано з гідрологічними умовами та посиленням антропогенним тиском на затоку.

Встановлено, що якість вод у Запорізькому водосховищі, майже за всіма досліджуваними показниками погіршується в літній період, чому сприяють у першу чергу високі

температури води, які посилюють евтрофікацію.

Максимальні значення блокових індексів зафіксовані за трофосапробіологічними показниками, поміж яких найбільше значення мають: біогенні речовини, показники перманганатної окиснюваності, розчиненого кисню та біомаси фітопланктону.

Упродовж досліджуваного періоду спостерігається сезонна динаміка блокових та інтегрального індексів, що говорить про необхідність системного моніторингу водосховища, встановлення міжрічної динаміки. Останнє дасть можливість з'ясувати причини погіршення якості води та розробити шляхи їх вирішення.

Список використаних джерел

1. Биохимические методы в экологических и токсикологических исследованиях. Петрозаводск: РАН. Карельский научный центр, Институт биологии ; ред. В. С. Сидоров, Р. У. Высоцкая., 1993. 234 с.
2. Гудков І.М.. Радіобіологія: Підручник для вищ. навчальних закладів. К., 2016. 485 с.
3. Джам Олена, Караїм Ольга, Юхимнюк Наталія. Екологічна оцінка якості поверхневих вод р.Пруднік. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Біологічні науки*. 2020. №2(390). 31-37. <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2020-390-2-31-37>.
4. Курченко В.О., Шаромок Т.С. Особливості гістологічної структури зябер деяких корокових риб Запорізького водосховища. *Біологічні системи*. 2017. № 9(1). 70-74.
5. Мур Дж. В., Рамамурти С.. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. Москва, 1987. 288 с.
6. Приймаченко І.В. Екологічна оцінка річки Случ. *Scientific research and their practical application. Modern state and ways of development*. 2013; SWorld 1-12 October 2013.7.
7. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксінок О. П. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.,1998. 28 с.
8. Федоненко О. В., Єсіпова Н. Б., Шаромок Т. С., Ананьєва Т. В., Яковенко В. О., Жежеря В. А. Сучасні проблеми гідробіології: Запорізьке водосховище. Дніпропетровськ, 2012. 279 с.
9. Цюсю О. О. Екологічна оцінка якості поверхневих вод річки Цир за категоріями. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології* 2017. № 1-2(27). 71–76. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2017_1-2_9.
10. Шаромок Т.С., Федоненко О.В., Курченко В.О., Ніколенко Ю.В. Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища. Питання біоіндикації та екології. 2019.№ 24(2). 147–161. <https://doi.org/10.2666/2312-2056/2019-24/2-12>.
11. Яцик А.В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн. К., 2004;3 (5).С.171-189.
12. Boori Mukesh Singh, Choudhary Komal, Paringer Rustam, Kupriyanov Alexander. Eco-environmental quality assessment based on pressure-state-response framework by remote sensing and GIS. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2021. № 23. 100530. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100530>.
13. Chai Li He Lha Dron. A new approach of deriving indicators and comprehensive measure for ecological environmental quality assessment. *Ecological Indicators*. 2018 № 85. 716-728. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.039>.
14. Hubanova, N. L. Production of zoobenthos in various areas of the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir. *Agronomy*. 2019. № 2(3). 156–160. doi: 10.32819/019023.
15. Nazari-Sharabian, M., Ahmad, S., Karakouzian, M. . Climate Change and Eutrophication: A Short Review. *Engineering, Technology and Applied Science Research*. 2018. № 8(6). 3668-3672.
16. Visser Annie Gallagher, Beevers Lindsay, Patidar Sandhya. A coupled modelling framework to assess the hydroecological impact of climate change. *Environmental Modelling & Software*. 2019. № 114. 12-28. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.01.004>.
17. Yu Ruolan, Zhang Chen, Early warning of water quality degradation: A copula-based Bayesian network model for highly efficient water quality risk assessment, *Journal of Environmental Management*. 2021. № 292. 112749. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112749>.

References

1. Biokhimicheskie metody v ekologicheskikh i toksikologicheskikh issledovaniyakh. (1993) Petrozavodsk, 234.
2. Hudkov I.M. (2016) Radiobiologiya [Pidruchnyk dlia vyshch. navchalnykh zakladiv]. K., 485.
3. Dzham Olena, Karaim Olha, Yukhymniuk Nataliia (2020). Ekologichna otsinka yakosti poverkhnevykh vod r.Prudnik. *Naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi*

Ніколенко Ю. В., Федоненко О. В.

Ukrainky Biologichni naukyiu, 2(390), 31-37.
<https://doi.org/10.29038/2617-4723-2020-390-2-31-37>.

4. Kurchenko V.O., Sharomok T.S. (2017) Osoblyvosti histologichnoi struktury ziaber deiakyykh koropovykh ryb Zaporizkoho vodoskhovyshcha. Biologichni systemy, 9(1), 70-74.

5. Mur Dzh. V., Ramamurti S. (1987) Tjashchelye metally v prirodnykh vodah. Kontrol' i ochenka vlijanija. Moskva, 288.

6. Prymachenko I.V. (2013) Ekologichna otsinka richky Sluch. Scientific research and their practical application. Modern state and ways of development. SWorld – 1-12 October 2013, 7.

7. Romanenko V. D., Zhukynskyi V. M., Oksiiuk O. P. (1998). Metodyka ekologichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiami, 28.

8. Fedonenko O. V., Yesipova N. B., Sharamok T. S., Ananieva T. V., Yakovenko V. O., Zhezheria V. A. (2012) Suchasni problemy hidrobiologii: Zaporizke vodoskhovyshche. Dnipropetrovsk, 279.

9. Tsos O. O. (2017) Ekologichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod richky Tsyra za katehoriiami. Liudyna ta dovkillia. Problemy neoeologii, 1-2(27), 71-76.
http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2017_1-2_9.

10. Sharamok, T. S., Fedonenko, O., Kurchenko, V., & Nikolenko, Yu. (2019) Hidroekologichna otsinka Zaporizkoho vodoskhovyshcha. Pytannia bioindykatsii ta ekologii, 24 (2), 147-161. <https://doi.org/10.2666/2312-2056/2019-24/2-12>.

11. Yatsyk A.V. (2004) Vodohospodarska ekolohiia: u 4 t., 7 kn., 3 (5), 171-189.

12. Boori Mukesh Singh, Choudhary Komal, Paringer Rustam, Kupriyanov Alexander (2021). Eco-environmental quality assessment based on pressure-state-response framework by remote sensing and GIS. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 23, 100530.
<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100530>.

13. Chai Li He Lha Dron. (2018) A new approach of deriving indicators and comprehensive measure for ecological environmental quality assessment. Ecological Indicators, 85, 716-728.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.039>.

14. Hubanova, N. L. (2019) Production of zoobenthos in various areas of the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir. Agrology, 2(3), 156-160. doi: 10.32819/019023.

15. Nazari-Sharabian, M., Ahmad, S., Karakouzian, M. (2018). Climate Change and Eutrophication: A Short Review. Engineering, Technology and Applied Science Research., 8(6), 3668-3672.

16. Visser Annie Gallagher, Beevers Lindsay, Patidar Sandhya. (2019) A coupled modelling framework to assess the hydroecological impact of climate change. Environmental Modelling & Software, 114, 12-28.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.01.004>.

17. Yu Ruolan, Zhang Chen (2021). Early warning of water quality degradation: A copula-based Bayesian network model for highly efficient water quality risk assessment, Journal of Environmental Management, 292, 112749.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112749>.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАПОРОЖСКОГО (ДНЕПРОВСКОГО) ВОДОХРАНИЛИЩА Ю. В. Николенко, Е. В. Федоненко

Аннотация. Экологическая оценка вод является неотъемлемой частью мониторинга водных объектов, она дает информацию о воде как составляющей гидроэкосистемы, среде обитания гидробионтов и важной части природной среды, что необходимо для установления экологических нормативов качества воды и принятия мер по улучшению экологического состояния водных объектов. На современном этапе существования Запорожское (Днепровское) водохранилище испытывает усиленное антропогенное воздействие, что

Ніколенко Ю. В., Федоненко О. В.

влияет на качество воды. Ухудшается экологическое состояние водоема, наблюдается массовое цветение водорослей.

Цель работы предоставить интегральную экологическую оценку качества воды на разных участках Запорожского водохранилища.

В статье проведен расчет блочных индексов и предоставлено экологическую оценку качества воды Запорожского водохранилища в соответствии с "Методикой экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям.

Установлено, что оценка качества воды по критериям загрязнения компонентами солевого состава свидетельствует о том, что на большинстве исследуемых точек ситуация в водном объекте «хорошая», худшие показатели зафиксированы в Самарской заливе, где в течение длительного периода времени наблюдается повышенная минерализация.

Наихудшими показателями и высокой амплитудой колебаний индекса, характеризовался торфо- сапробологичный блок.

По содержанию показателей токсического и радиационного воздействия на протяжении всей исследуемой акватории не наблюдалось существенных отклонений позволяет отнести воду к одному классу.

Установлено, что качество вод Запорожского водохранилища по среднегодовым данным по состоянию характеризуется как «хорошая», по степени чистоты - «чистая, достаточно чистая». Однако, в течение исследуемого периода наблюдались значительные отклонения от среднего, особенно в летний период.

Ключевые слова: экологическая оценка, индекс, качество воды, загрязнение

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ZAPORIZHZHYA (DNIPROVSKY) RESERVOIR

Y. V. Nikolenko, O. V. Fedonenko

Abstract. Environmental assessment of water is an integral part of monitoring water bodies. It provides information about water as a component of the aquatic ecosystem, the habitat of hydrobionts and an essential part of the natural environment, which is necessary for establishing environmental standards for water quality and adoption of measures to improve the ecological state of water bodies. Currently, the Zaporizhzhia (Dnipro) reservoir is exposed to increased anthropogenic impact, which affects water quality. The ecological state of the reservoir is deteriorating, and mass algal bloom is observed.

The work aims to provide an integrated environmental assessment of water quality in different sites of the Zaporizhzhia reservoir.

The article calculates block indices and provides an environmental assessment of the water quality of the Zaporizhzhia reservoir according to the "Methodology for environmental assessment of surface water quality in the corresponding categories.

The assessment of water quality by the criteria of contamination with salt composition components indicates that the water body condition is good at most of the

Ніколенко Ю. В., Федоненко О. В.

studied points. The worst indicators were recorded in Samara Bay, where increased mineralization is observed for a long time.

The trophic-saprobological block revealed to have the worst indicators and a high amplitude of index fluctuations.

No significant deviations were observed in terms of the content of toxic and radiation exposure indicators throughout the entire studied water area, which makes it possible to assign water to the same class.

It has been determined that the water quality of the Zaporizhzhia reservoir according to the average annual data is characterized as "good" in terms of the state and "clean, fairly clean" in terms of purity degree. However, during the study period, significant deviations from the average were observed, especially in the summer.

Keywords: *environmental assessment, index, water quality, pollution*

Войтишина Д. Й.

УДК 574.5 (477)

**ДО ПИТАННЯ УНІФІКАЦІЇ ШИФРУВАННЯ СТАНУ ВОДНИХ БАСЕЙНІВ
ПРИ КОСМІЧНОМУ ЗОНДУВАННІ****Д. Й. ВОЙТИШИНА** , пошукач*Національний університет водного господарства і природокористування**E-mail: dianavoityshynaa@gmail.com*<https://doi.org/dopovidi2021.04.005>

Анотація. В умовах космічного зондування території водних басейнів за допомогою дронів повністю виключається трудомістке наземне дослідження, і водночас, проходить уніфікація оцінювання стану підсистем та прийняття компенсаційних рішень. У структурну схему досліджень входять наступні складові: ряд-тип А, морфометрія басейну й русла - тип Б та якість водного середовища (В); продукційні характеристики підсистем – тип Г; соціально-демографічна ситуація (Д); економіка (Е); кластерний аналіз за блоками (К). Успіх у роботі забезпечує банк власних даних та попередніх наукових досліджень (картографічних, гідрохімічних, ландшафтних, гідрологічних, екологічних, економічних) вітчизняних і зарубіжних вчених за наявності референтних даних минулих років (1960-1970 рр.)

Під час досліджень значних площ акваторій водних об'єктів (заростання вищою водною рослинністю, межі «цвітіння» води через мікроводорості, межі забруднення нафтопродуктами) використання аерокосмічного зондування за допомогою дронів є безальтернативним. Використання уніфікації узагальнення екологічних досліджень з врахуванням їх масовості вимагає подальших методологічних розробок. Оцінювання ведеться за трьома рівнями.

Наявність економічних розрахунків є завершальним і цільовим етапом у досягненні напрямів оздоровлення водних басейнів і природокористування.

Ключові слова: басейн, екосистема, типізація, морфометрія, якість, економіка

Актуальність. За значної чисельності водних об'єктів України (тільки 2000 малих річок) описові характеристики екологічної ситуації займають вагомий обсяг , що вимагає уніфікації та шифрування. Нами, д. с. - г. наук Клименко М.О. та д. б. н. Гриба Й.В., була зроблена спроба уніфікації викладення матеріалів досліджень за

блоками : тип басейну-морфометрія поверхні водозбору, заплави та русла – якість водного середовища – продукційні характеристики – соціально-демографічні – блок економічного аналізу прибутковості господарювання у басейнах річок та затрат за кластерного аналізу стану

Войтишина Д. Й.

складових мегаекосистеми та оцінці
басейну загалом. Схема 1.

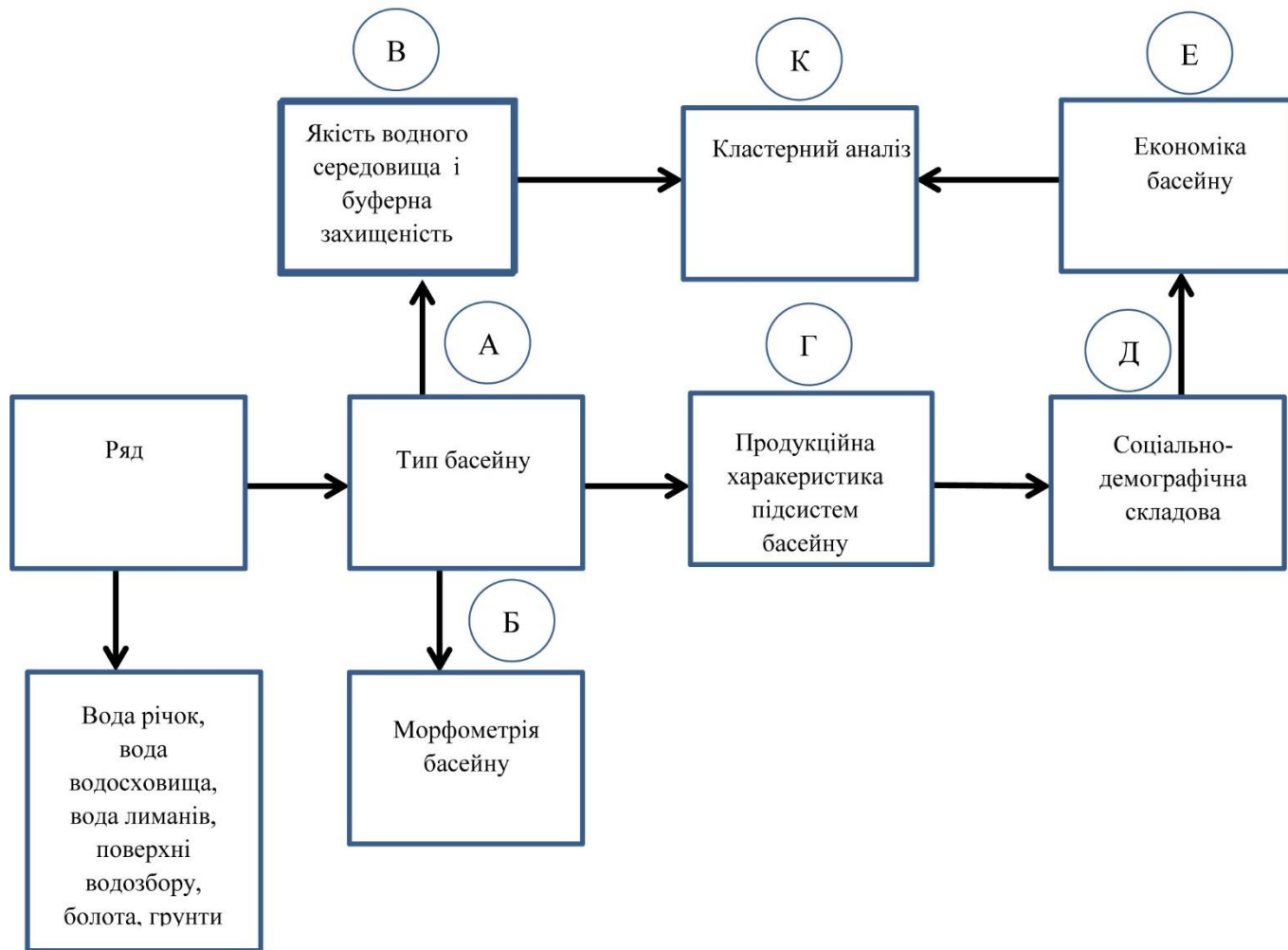


Схема еколого- економічної, продуктивності, соціально- демографічної структури водного басейну.

Дослідження певних елементів водного басейну (склад і якість водного середовища, стан поверхні водозбору, іхтіофауна, кормова база аборигенної іхтіофауни, вплив господарської діяльності) дає певну інформацію. Є значний масив даних моніторингу поверхневих вод (гідрохімія, екологія, гідробіологія, іхтіологія тощо), віднесених до середини й кінця ХХ

століття. Тут варто відмітити роботи Г. Д. Коненко, Й. В. Гриба, В. Е. Алексеєвського, В. А. Барановського, М. О. Клименко, О. В. Цвєтової, В. В. Сондака, А. П. Чернявської, В. Н. Жукинського та інших. Ними встановлено регіональні особливості хімічного режиму поверхневих вод, розроблена методологія оцінки якості поверхневих

Войтишина Д. Й.

вод та стан трансформації поверхні водозбору, особливості формування кризових ситуацій. Доктором біологічних наук Й. В. Грибом проведені дослідження хімічного режиму поверхневих вод за фазами гідрологічного режиму за період з 1970 до 2000 рр. Г. Д. Коненко провела картографування території України за головними йонами мінерального складу води. Державний Інститут Східної та Північної Європи (Німеччина) разом з Інститутом географії НАН України на основі прикладних досліджень вчених України: Л. Г. Руденко, А. П. Чернявської, Й. В. Гриба за участю вчених Г. Фрідлайн, Г. А. Верніченко, Т. П. Балашової, І. П. Семенової провели дослідження стану річок України та склали карту якісного складу води та придатності для використання (1995). Видана також карта ґрунтів України, стокоформуєчих та підстилаючих порід.

Мета досліджень. Поміж вагомих наукових результатів дослідження виникла необхідність уніфікації і їх об'єднання за басейнами річок. Згідно з рамковою директивою ЄС за одиницю просторових досліджень водних об'єктів приймається річковий басейн та його елементи: русло, заплава,

придаткова мережа (чисельність проміжних екотонів). Сюди належать такі елементи басейну: притоки першого порядку, притоки другого порядку, заплава, стариці, заплавні озера, болота, луки, джерела, а також підсистеми поверхні водозбору: ліс, водне дзеркало, розорані і ботарні землі, урбанізовані території та інфраструктура. Оцінка стану ведеться за трьома рівнями: добрий, задовільний, поганий.

У сукупності водний басейн приймається, як біом, що формує якість поверхневих вод, їх продуктивність, різноманіття флори і фауни. Сама гідрографічна мережа формує ландшафт і поєднує його елементи через гідро екологічні коридори – річкові системи. У створенні біокосного каркасу водного басейну використовуються такі математичні залежності, за наростання значень характеристик величина золотого кореня r_1 складає 1,68 за зниження r_2 – 0,68. У пентосистемному ряді характеристик (класів) використовуються числа фібоначчі для біологічних процесів 1,2,3,5,8,13,21,34,55.

У табл. 1 представлений варіант типізації річкових басейнів і руслових водосховищ на території України.

Войтишина Д. Й.

1. Типізація річкових басейнів і руслових водосховищ (поверхневі прісні води)

№ п/п	Таксономічна категорія	Основні критерії	Додаткові ознаки
1	Ряд А	Регіональні характеристики : А1 – рівнинні території А2 – передгірські А3 – гірські А4 – степові А5 - приморські	Фізико-географічні зони : П- полісся Л- лісостеп С – степ Г – гірські ПГ – передгірські ПМ - приморські
2.	Родина R	Басейни основних річок України R1 – Дніпро R2 – Західний Буг R3 – Дунай R4 – Десна R5 - Дністер R6 - Прип'ять R7 - Південний Буг	Джерела живлення - протоки 1 порядку а) поверхневий стік (50:50:0) б) стік (50:30:20) в) стічні води (50:10:40) Водосховища , джерела живлення: а) руслове; б) наливне; в) атмосферні опади
3.	Русло- Заплава (Z)	Z1 – ширина русел за бровками берега Z2 – ширина надзаплавної тераси Z3 – довжина русла за фарватером Z4 – коефіцієнт зарегульованості Z5 – коефіцієнт заростання водного дзеркала макрофагами	Z1 – 1,0 $\geq$ 5,0 ; задовільний стан 3,0, кризовий стан 1,0. Z3 – магістральний канал ; Z4 – сполучний канал Z5 $\leq$ 7,0 -10,0 ; $\leq$ 15,0; $\geq$ 20,0
4.	Екотонна складова (E)	Чисельність проміжних зон (екотонів E за профілем русла)	Еа – стариця; Е бІ – приток першого порядку; Е бІІ – приток другого порядку; Ео – озер, Е б – боліт, Е д – джерел, Е л – луків; Е w- вестлендів (> 10 на 1 км русла, < 7 – на 1 км русла ; < 5 на 1 км русла)
5.	Рід (r)	Самовідновна прісноводна іхтіоекосистема . Приймальна ємність, переробка, здатність. Продуктивність.	Протічна – r1,застійна - r2, непротічна r3. Мінералізація води $\leq 1,0$ г/дм ² ; $\geq 1,0$ г/дм ² ; $\geq 2,0$ г/дм ²
6.	Вид річки, W	L1 мала > 100 км L2 середня ≤ 200 км L3 велика ≥ 200 км	а) сегментована б) зрегульована в) спрямлена

Войтишина Д. Й.

			г) перехресна д) суха є) відносно стану руслового водосховища до річкового стоку
7.	Підвид Wn	n 1 – притока першого порядку n 2 – сполучний канал n 3 – магістральний канал	p 1 – притока першого порядку p 2 – притока другого порядку p 3 – притока третього порядку
8.	Якість водного середовища (Ie)	Ia – за складом солей Iв – за трофічністю Iс – за токсичністю $Ie = (Ia + Ib + Ic) / 3$	b 1 – біоіндекс за складом ВВР b 2 – іхтіоіндекс (Ir) b 3 – біоіндекс за Вудвісом b 4 – біоіндекс за Рудиком b 5 – біоіндекс за Грибом $b_{51} \leq 5,0; b_{52} \leq 8,0; b_{53} > 13,0$
9.	Іхтіоекономічний індекс (Ir)	Збереження регіональних типових популяцій	R – рибопродуктивність кг/га водного дзеркала $R1 \geq 20,0; R2 < 10,0; R3 < 2,0$
10.	Зміни гідро біонтів (S)	S – склад біоти, іхтіосередовища, кормової бази	а) зморні явища б) задуха риб в) заболочування г) заростання ВВР.
11.	Стан басейну, буферність (Ke)	Ke – стан добрий Ke – стан задовільний Ke – стан поганий	Полісся Лісостеп Степ 2,0 3,0 5,0 3,0 5,0 8,0 5,0 8,0 >10,0
12.	Стійкість (St)	St ₁ – стан добрий St ₂ – стан задовільний St ₃ – стан поганий	Полісся Лісостеп Степ 10,0 8,0 5,0 6,0 5,0 3,0 3,0 3,0 1,0

Результати. Приклад шифрування матеріалів польових досліджень р.Льва (притока першого порядку р.Прить) представлена у формулі (1)

АП; R1; Z3; Z42; E1; L; Ie; b₅ 5; R3; Ke5; St 3,0. (1)

Розшифрування формули

Рівнинна частина території України, район Західного Полісся, басейн р. Дніпро, магістральний канал, зрегульований, один проміжний екотон (руслове водосховище), вода слабо мінералізоване, русло спрямоване, клас

якості води перший, рибопродуктивність слабка, стан басейну – пересушення, стійкість низька (маловодість, сегментація русла шлюзами, захисним піском від незакріплених відкосів берега).

Аналогічно можуть бути кодовані інші блоки. У перспективі отримання результату співвідношення з висновками інших вчених, зокрема, М. О. Клименко, Й. В. Гриба та інших. Зашифрувавши дані за блоками структури басейнів, ми можемо

Войтишина Д. Й.

уніфікувати методики проведених досліджень, полегшуючи роботу дослідників та студентів.

Висновки

1. Економіко-екологічний каркас водного басейну є одним з провідних блоків оцінки екологічної ситуації. А основним показником є

еколого-економічний потенціал території та вартість басейну.

2. Для оцінки рівня трансформації стану басейну необхідні референтні значення стану підсистем.

3. При оцінці ситуації завершальним є блок економіки та демографічної ситуації – вартість життя та його тривалість.

Список використаних джерел

1. Алексієвський В.Е., Топольнік Т.И., Цветова Е.В. и др. Осушительная мелиорация в верхнем течении р.Припять и их влияние на водный режим прилегающей территории. Киев. НПО УкрНИИГИН. 1991. 84с.

2. Барановский В.А. Карта еколого-економічного зондування території України. Київ. Укр.економічна ліга. 1993

3. Войтишина Д.Й. Концепція еколого-економічної оцінки вартості об'єктів природного фонду і антропогенної зміни ландшафтів. *Збірник наукових праць НУВГП*. випуск XIII. 4. 2007. С. 205-213.

4. Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В., Войтишина Д.Й. Ноосфера: іхтіологія та економічні проблеми реабілітації водних екосистем. *Вісник НУВГП*. 2016. 1(72). 13 с.

5. Гриб Й.В. Клименко М.Щ, Гуцол А.В, Войтишина Д.Й. Моніторинг природокористування та стратегія реабілітації порушених річкових та озерних екосистем. *Науковий посібник НУВГП*. Рівне. 2015-184 с.

6. Войтишина Д. Й. Екоекономія річкових іхтіосистем рівнинної частини території України. *Вісник НУВГП*. Економіка Рівне. 2015. 5 с.

7. Гриб Й. В. Екологічна оцінка стану річкових басейнів рівнинної частини території України (охорони, відновлення, управління): монографія. Рівне. 408 с.

8. Цветова О. В. Екологічні наслідки осушувальної меліорації на території ШНПП. Наукові дослідження 1983-1993 УкрНІПГІМА. с. 108-115.

References

1. Alekseeva V.E., Topolkin T.I., Tsvetova E.V. etc. (1991). Drainage reclamation in the upper reaches of the Pripjat River and their impact on the water regime of the adjacent territory. Kiev: NPO UkrNIIGIN, 84.

2. Baranovsky V.A. (1993). Map of ecological and economic sounding of the territory of Ukraine. Kyiv: Ukrainian Economic League.

3. Voityshyna D.Y. (2007). The concept of ecological and economic assessment of the value of natural resources and anthropogenic landscape change. Collection of scientific works of NUVGP, issue XIII, 4, P. 205-213.

4. Gryb J.V, Klymenko M.O., Sondak V.V., Voityshyna D.Y. (2016). Noosphere: ichthyology and economic problems of rehabilitation of aquatic ecosystems. Bulletin of NUVGP. 1 (72) 13.

5. Gryb J. V. Klymenko M. O., Gutsol A. V., Voityshyna D. Y. (2015). Monitoring of nature management and strategy of rehabilitation of disturbed river and lake ecosystems. Scientific manual NUVGP. Rivne. 184.

6. Voityshyna D. Y. (2015). Ecoeconomics of river ichthyosystems of the plain part of the territory of Ukraine. Bulletin of NUVGP. Economics. Rivne. 5.

7. Gryb J.V, Ecological assessment of the state of river basins of the plain part of the territory of Ukraine (protection, restoration, management): monograph. Rivne, 408.

8. Tsvetova O.V. Ecological consequences of drainage reclamation on the

Войтишина Д. Й.

territory of SHNPP. Scientific research 1983-1993 UkrNIIGIMA, p.108-115.

ON THE QUESTION OF UNIFICATION OF ENCRYPTION OF THE STATE OF WATER POOLS IN SPACE PROBING

D. Y.Voityshyna

Abstract. *In the conditions of space probing of the territory of water basins by means of drones the labor-intensive ground research is completely excluded, and at the same time, there is a unification of an estimation of a condition of subsystems and acceptance of compensation decisions. The structural scheme of research includes the following components: series-type A, morphometry of the basin and channel - type B and the quality of the aquatic environment (B); production characteristics of subsystems - type G; socio-demographic situation (D); economy (E); cluster analysis by blocks (K). Success in work is provided by the bank of own data and previous scientific researches (cartographic, hydrochemical, landscape, hydrological, ecological, economic) domestic and foreign scientists in the presence of reference data of the last years (1960-1970).*

In the study of large areas of water bodies (overgrowth of higher aquatic vegetation, the limits of "blooming" of water due to microalgae, the limits of pollution by petroleum products), the use of aerospace sounding by drones is unalterable. The use of unification of the generalization of environmental research, taking into account their mass, requires further methodological developments. The evaluation is carried out at three levels.

The availability of economic calculations is the final and target stage in achieving the areas of rehabilitation of water basins and nature management.

Key words: basin, ecosystem, typification, morphometric, quality, economy

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюетао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

УДК 575.636.597.034

ВПЛИВ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕДУР ТРАНСГЕНОЗУ НА ВИЖИВАНІСТЬ ЕМБРІОНІВ СВІЙСЬКОЇ КАЧКИ

П. В. КОРОЛЬ, аспірант

Інститут розведення і генетики тварин імені М.В.Зубця НААН

С. О. КОСТЕНКО, доктор біологічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування

О.М. КОНОВАЛ, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник

Українська лабораторія якості і безпеки продукції АПК

М.С. ДОРОШЕНКО, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування

Л. ЛУ, кандидат біологічних наук, професор

Інститут ветеринарії та зоотехнії Чжецзянської академії аграрних наук,

Ханчжоу, КНР

А. М. ЧЕПІГА, кандидат сільськогосподарських наук, біотехнолог

ПРАТ "ІНДАР", Київ

О. В. СИДОРЕНКО кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник, завідувач відділу

Інститут розведення і генетики тварин імені М.В.Зубця НААН,

П.П. ДЖУС, кандидат біологічних наук, завідувач лабораторії

Інститут розведення і генетики тварин імені М.В.Зубця НААН,

Н. П. СВИРИДЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Т. В. ЛИТВИНЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Х. СЮЕТАО., кандидат ветеринарних наук, головний зоотехнік

Zhejiang Guowei Technology Co. LTD

С. БУ, кандидат біологічних наук, науковий співробітник

Інститут ветеринарії та зоотехнії Чжецзянської академії аграрних наук,

Ханчжоу, КНР

Л. Лі, головний менеджер

Zhejiang Guowei Technology Co. LTD

Є. Р. КОСТЮК, студент факультету тваринництва та водних біоресурсів

П. О. ФІЛІПОВА, студентка факультету тваринництва та водних біоресурсів

Національний університет біоресурсів і природокористування України

М. В. ДРАГУЛЯН, кандидат біологічних наук, біотехнолог

Rinderunion Baden-Württemberg Genetik GmbH

E-mail: vbrj@ukr.net

<https://doi.org/dopovid2021.04.006>

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

Анотація. Завдяки високому репродуктивному потенціалу, короткому інтервалу між поколіннями та ембріональному розвитку поза організмом матері, птиця характеризується унікальними можливостями для її використання у фундаментальних та прикладних біологічних дослідженнях. Створення трансгенної птиці ускладнюється будовою її непрозорої яйцеклітини з великим жовтком та унікальною репродуктивною системою цього класу. До цього часу методи створення гермітативних химер качок стикаються з труднощами, пов'язаними зі структурою шкаралупи водоплавних птахів.

Тому метою роботи було встановлення дії чинників, які впливають на виживаність трансгенних ембріонів за використання різних методів введення ДНК-конструкції в геном качки.

Об'єктами дослідження були качки (*Anas platyrhynchos*) порід шанма (*Shan partridge*) та шаосінь (*Shaoxing*), що утримуються на фермі Zhejiang Guowei Technology Co. LTD, КНР. Дослідження проводили в лабораторії генетики птиці Чжецзянської Академії аграрних наук та на качиній фермі компанії Zhejiang Generation Biological Science and Technology Co., Ltd. (провінція Чжецзян, КНР).

Для аналізу виживаності використовували ембріони, отримані за використання різних методів введення ДНК трансгенної конструкції: 1) пряма ін'єкція плазмідної-ДНК у підембріональну порожнину; 2) трансфекція ДНК зі спермою; 3) ін'єкція трансфікованих бластомерів донорів в ембріони реципієнтів після дії бусульфану або ультрафіолету.

За весь період було досліджено понад 1100 яєць. Наявність трансгену перевіряли методом ПЛР. У результаті дії прямої ін'єкції ДНК трансгенної конструкції під ембріональну порожнину 300 ембріонів 35,7 % ембріонів не розвивалися після ін'єкції, 36,0 % зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії (9 день інкубації), 8 % загинули в період 10–15 днів, 17,3 % – 16–25 день. Усього після прямих ін'єкцій отримали 9 живих каченят (виживаність склала 3 %), серед яких 4 були трансгенними.

Після осіменіння качок трансфікованою спермою на інкубацію було закладено 292 яйця. Після першої овоскопії незаплідненими виявилися 51,4 % яєць; 0,7 % ембріонів зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії, 1,0 % загинули в період 10–15 днів, 17,8 % – 16–25 день, 6,2 % задихнулися під час виводу. Усього після використання трансфікованої сперми отримали 67 живих каченят (виживаність ембріонів від запліднених яєць склала 47,2 %). Поміж 31 дорослої тварини 19 були трансгенними.

Для стерилізації клітин реципієнта за використання бусульфану у концентрації 300 нг на яйце з подальшою ін'єкцією бластодермальних трансфікованих клітин донорів дослідили 200 ембріонів, серед яких не розвивалися після ін'єкції 61,0 % ембріонів, 17,0 % зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії, 12,5 % загинули в період 10–15 днів, 9,0 % – 16–25 день. Усього після ін'єкцій бусульфану у концентрації 300 нг на яйце отримали 1 живе каченя (виживаність склала 0,5 %).

За використання бусульфану в концентрації 150 нг на яйце дослідили 100 ембріонів, поміж яких не розвивалися після ін'єкції 68,0 % ембріонів, 11,0 %

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії, 5 % загинули в період 10–15 днів, 14,0 % – 16–25 день. Усього після ін'єкцій бусульфану у концентрації 150 нг на яйце отримали 2 живих каченят (виживаність склала 0,5 %).

Використання бусульфану в концентрації 75 нг на яйце випробували на 100 ембріонах, серед яких не розвивалися після ін'єкції 12,0 % ембріонів, 27,0% зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії, 14,0 % загинули в період 10–15 днів, 42,0 % – 16–25 день. Усього після ін'єкцій бусульфану у концентрації 75 нг на яйце отримали 5 живих каченят (виживаність склала 5 %).

Опромінення ультрафіолетом 200 ембріонів упродовж 1 години з подальшою ін'єкцією бластодермальних трансфікованих клітин донорів призвело до загибелі після ін'єкції 20 %, зупинились у розвитку 27,5 %, 7,5 % загинули в період 10–15 днів, 35,0 % – 16–25 день. Усього за використання ультрафіолетового опромінення отримали 20 живих каченят (виживаність склала 10 %). Після настання статевої зрілості лише 13 з 20 тварин дали потомків. Аналіз ДНК, виділеної з крові, пір'я, сперми, засвідчив, що з цих 13 репродуктивно здатних особин 7 були трансгенними химерами. Використання ультрафіолету дозволило зменшити вплив інфікованості яєць, яка обумовлена структурою шкаралупи водоплавної птиці.

Таким чином, самим безпечним для виживання ембріонів виявився метод осіменіння качок трансфікованою спермою, за використання якого вижили 47,2 % ембріонів.

Ключові слова *Anas platyrhynchos*, качка свійська, трансгеноз, виживаність ембріонів, трансфекція ДНК зі спермою, ін'єкції бластомерів, бусульфан, опромінення ультрафіолетом

Актуальність. Завдяки високому репродуктивному потенціалу, короткому інтервалу між поколіннями та ембріональному розвитку поза організмом матері, птиця надає унікальні можливості для її використання у фундаментальних та прикладних біологічних дослідженнях [1]. Методи клонування та трансгенезу стали рутинним інструментом для створення тваринних моделей розвитку [2, 3], хвороб [4], біореакторів та продуцентів цінних біологічно активних препаратів [5, 6], високопродуктивних об'єктів

аквакультури [7]. Створення трансгенної птиці ускладнюється будовою її непрозорої яйцеклітини з великим жовтком та унікальною репродуктивною системою цього класу. Пряме мікроін'єкційне введення ДНК в ооцит, яке часто використовують у ссавців [8], практично неможливе для птиці [9, 10], оскільки запліднення відбувається в інфудібулумі репродуктивного тракту і може бути поліспермічним [2]. Тому маніпуляції з зиготою виявилися складними для їх використання у процесі створення трансгенної птиці [9]. За останні

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сютао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

десятиліття були розроблені деякі альтернативні стратегії отримання трансгенної птиці за допомогою химерних тварин, створених через перенесення бластодермальних клітин [10, 11].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Первинні статеві клітини (PGC) успішно використовують для створення трансгенної птиці [11] та як інструмент для збереження генетичних ресурсів аборигенних порід [12-14]. Проте, виділення й культивування в пробірці культури PGC водоплавної птиці описується рідко, і на відміну від багатьох досліджень PGC курей, є лише кілька повідомлень про PGC водоплавної птиці [15, 16]. Тому техніка створення трансгенної качки практично не розроблена.

Сьогодні качка свійська (*Anas platyrhynchos* Linnaeus, 1758) є молододослідженим науковим (племінним) об'єктом у порівнянні з видом *Gallus gallus domesticus*, *Coturnix coturnix*, але одним з економічно найперспективніших видів птиці. Качка може виділяти багато білка в яйцепроводі, та може регулярно продукувати яйця упродовж 20–24 годинного циклу, що є дуже привабливим засобом для синтезу лікувальних засобів на білковій основі, оскільки стерильні яйця захищені твердою оболонкою. Бусульфам використовують для пригнічення проліферації клітин.

Ін'єкція бусульфаму в підембріональну порожнину – один із методів, що збільшує кількість донорських клітин під час створення химер [17, 18].

Однак, до цього часу методи створення химер качок зустрічаються з труднощами, пов'язаними зі структурою шкаралупи водоплавних птахів [19]. Трансгенні тварини практично не поступаються своїм нетрансгенним аналогам за продуктивністю [20]. Вплив репродуктивного сезону на продуктивність сперматозоїдів зародкових химер селезнів вивчався нами раніше [21].

Тому метою роботи було встановлення чинників, які впливають на виживаність трансгенних ембріонів за використання різних методів введення ДНК-конструкції в геном качки.

Матеріали і методи дослідження. Усі експерименти з тваринами проводилися відповідно до положень "Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для досліджень та інших наукових цілей".

Об'єктами дослідження були качки порід шанма (Shan partridge) та шаосінь (Shaoxing), що утримуються на качиній фермі Zhejiang Guowei Technology Co. LTD, КНР. Дослідження проводили в лабораторії генетики птиці Чжецзянської академії

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

аграрних наук та на качиній фермі компанії Zhejiang Generation Biological Science and Technology Co., Ltd. (провінція Чжецзян, КНР).

Для аналізу виживаності використовували ембріони, отримані за різних методів введення ДНК трансгенної конструкції, було досліджено понад 1100 яєць: 1) пряма ін'єкція ДНК конструкції в порожнину бластодермального диску (ПБДД) реципієнта на стадії X за Eyal-Giladi and Kochav, 1976 [22, 23]; 2) трансфекція сперматозоїдів з ДНК; 3) ін'єкція донорських бластодермальних клітин (ДБДК) в ембріони реципієнтів стерилізованих бусульфаном 4) ін'єкція трансфікованих донорських бластодермальних клітин (ТДБДК) реципієнтам стерилізованим ультрафіолетом (рис. 1).

Виділення бластодермальних клітин. Для отримання химер качок застосовували метод, описаний М.Т. залишилося.

Тагіровим [18]. Бластодиски виділяли зі щойно знесених запліднених яєць за допомогою кільця з фільтрувального паперу [24]. Отримані ембріони двічі відмивали від жовтка в PBS (170 mM NaCl; 3,4 mM KCl, 4 mM Na₂HPO₄; 1,8 mM KH₂PO₄; pH 7,2). Потім 10–12 ембріонів переносили в 1 мл PBS, що містив 0,25% трипсину та 0,04% етилендіаміну тетраацетату (EDTA), інкубували упродовж 10 хвилин за 37 °C, після чого піпетували піпеткою Пастера та центрифугували упродовж 10 с за 1500 об/хв. Осад ресуспендували в 1 мл живильного середовища RPMI 1640, що містило 10 % фетальної сироватки теляти. Суспензію клітин концентрували центрифугуванням упродовж 10 с за 1500 об/хв., потім видаляли 0,7 мл надосадової рідини, далі клітини ресуспендували знову в середовищі, що

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сютаєв Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

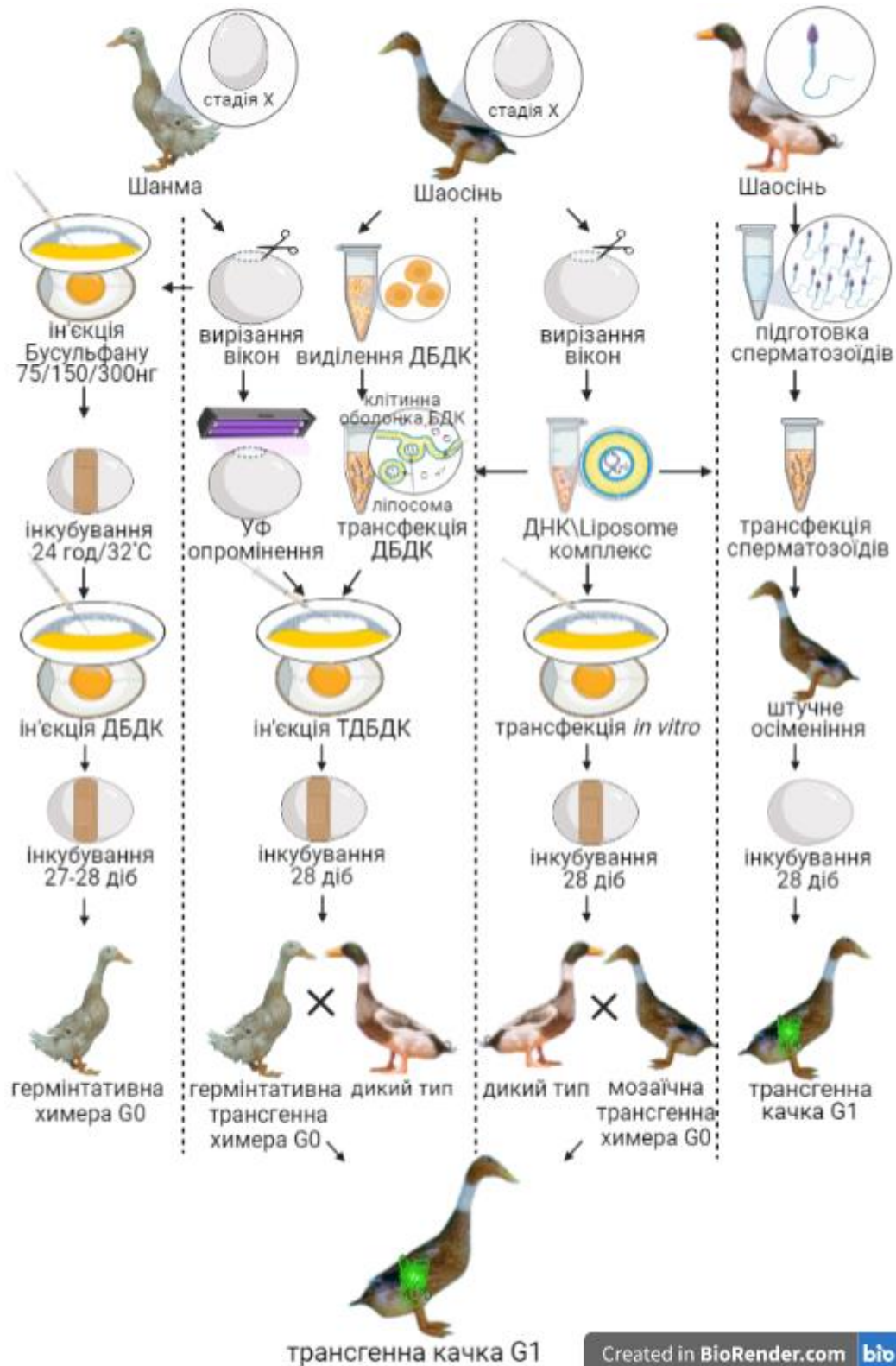


Рис.1. Застосовані методи введення ДНК трансгенної конструкції

Отримання химер. У якості реципієнтів використовували ембріони качок породи шанма, а донорів – ембріони качок породи

шаосінь, гомозиготні за алелем гена кольору оперення (дикий тип). Донорські клітини вводили в ПБДД реципієнтів мікропіпеткою

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

(зовнішній діаметр 50–70 мкм) через круглий отвір (вікно) діаметром 0,7 см в оболонці. В кожний ембріон вводили 3–4 мкл суспензії, яка містила 600–1000 донорських клітин. Отвір у яйці був покритий шматочком тонкої поліетиленової плівки, яка була приклеєна до шкаралупи білком, а потім зверху приріплена клейкою стрічкою. Бусульфам (SigmaAldrich, США) використовували як хімічний агент, що пригнічує поділ первинних статевих клітин (PGC) ембріонів-реципієнтів.

Підготовка ембріонів – реципієнтів. Між тупим і гострим кінцями яєць було зроблено отвір у яєчній шкаралупі (вікно) реципієнтів (породи шанма). (Це зменшило відстань між інжектором і голкою ембріона). Яйця реципієнтів інкубували упродовж 8–10 годин за температури 38 °С. Для стерилізації примордіальних статевих клітин реципієнта, яйця опромінювали під ультрафіолетовим (УФ) світлом, упродовж однієї години, за допомогою УФ боксу за кімнатної температури.

Приготування розчину бусульфаму. Бусульфам розчиняли безпосередньо перед використанням у 10 % диметилсульфоксиді (ДМСО), розведеному живильним середовищем RPMI 1640 – 3–5 мкл. Використовувані концентрації становили 300 нг/яйце, 150 нг/яйце та 75 нг/яйце.

Обробка бусульфамом. Після інкубації яєць-реципієнтів упродовж 8 годин у них були відкриті вікна. Бусульфам вводили в підшкірну порожнину ембріона за допомогою мікропіпетки (1,5–3 мкл). Після введення бусульфаму порожнину яйця заповнювали культуральним середовищем (RPMI-1640) з додаванням антибіотиків (ампіцилін, стрептоміцин), отвір закривали поліетиленовою плівкою та клейкою стрічкою. Яйця інкубували за пониженої температури (+32 ° С) упродовж 24 годин, щоб продовжити тривалість дії бусульфаму на первинні статеві клітини.

Забір крові, пульпи пір'я та ембріонів. Пір'я з пульпою відбирали від кожної качки і поміщали в окремі пробірки, потім заморожували за – 20 °С і зберігали до виділення ДНК. Зразки крові (2 мл) качок відбирали з вени *cutanea ulnaris* у одноразові вакуумні збірні пробірки з ЕДТА. З кожного зразка крові виділяли геномну ДНК. Зразки ембріонів відбирали з яєць інкубованих упродовж 10 днів. До виділених ембріонів додавали 500 мкл розчину PBS, гомогенізували і піпетували, а потім 100 мкл гомогенату збирали в окремі пробірки і заморожували за – 20°С до екстракції ДНК.

Полімеразна ланцюгова реакція. Наявність трансгену у птиці перевіряли методом ПЛР. Для досліджень використали два

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

праймери, розташовані поза геном EGFP: прямий праймер (5'-GTGTACGGTGGGAGGTC-3') та зворотній (5'-AAATGTGGTATGGCTGATTATG-3'). Програма полімеразної ланцюгової реакції складалася з початкової стадії за 94°C упродовж 3 хв., потім реакції за 94°C упродовж 15 секунд (с), а потім відпалу за 55 °C

упродовж 15 с і синтезу за 72°C упродовж 30 с 35 циклів. На останній стадії продукт ПЛР подовжували за 72°C упродовж 3 хв. Продукт ПЛР мав розмір 903 п.н. і був секвенований для підтвердження правильної ампліфікації. Експерименти з ПЛР та секвенування були проведені компанією Genery Biotechnology Company (рисунок 2).

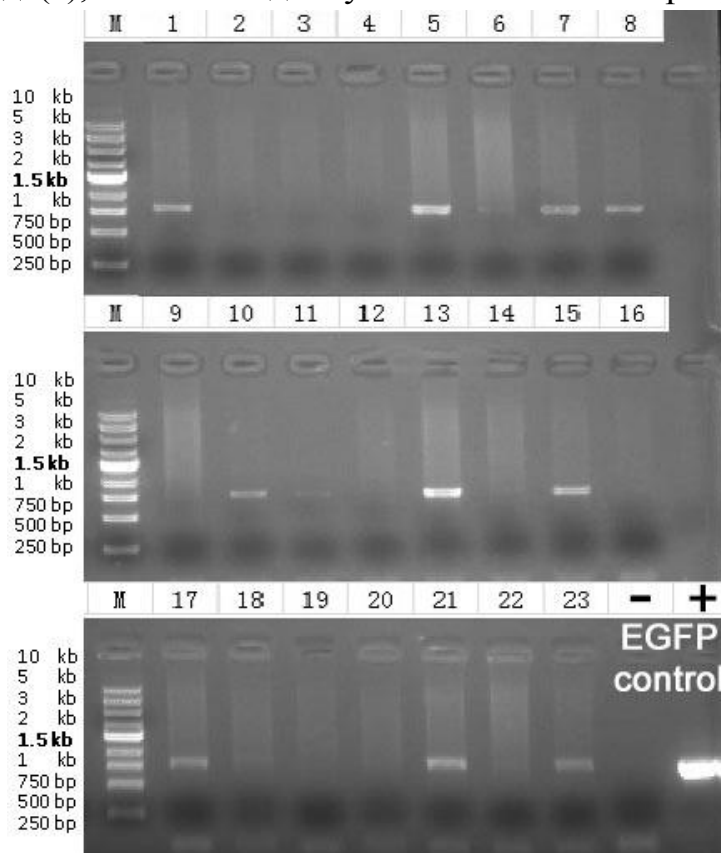


Рис. 2. Результати розділення продуктів ПЛР в поліакриламідному гелі.

Підготовка сперми до трансфекції. Час від відбору сперми від першого качура до початку її підготовки до трансфекції в лабораторії тривав 45 хв. Перед змішуванням сперми, від всіх качурів, були відібрані зразки для оцінки активності і концентрації сперматозоїдів.

Змішану сперму двократно осаджували центрифугуванням (1000g, 10хв.), з заміною надосадової рідини, середовищем OPTI-MEM (Invitrogen, США) після кожного осадження.

Трансгенна ДНК-конструкція. Інсерція гена EGFP (Enhanced Green Fluorescent Protein – посилений

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

зелений флуоресцентний білок), опосередкована гомологічною репарацією (HDR), була досягнута за допомогою чотирьох плазмід. Плазміда рХ330, яка містила ген Cas9. Дві плазмиди рBR322, кодуєчі направляючі РНК: sgRNA1 та sgRNA2. Плазміда рBR322-HDR-EGFP була сконструйована так, щоб містити ліві і праві гомологічні послідовності, що кодують ген EGFP. Послідовність ДНК для конструювання HDR-EGFP-інсерції та направляючих 20-нуклеотидних sgRNA1 та sgRNA2 були взяті з послідовності «*A. platyrhynchos* Spindlin 1 (SPIN1), мРНК» (NCBI: XM_005016235.3).

Приготування суміші ДНК-ліпосомний комплекс-сперматозоїди для штучного осіменіння. Для трансфекції сперматозоїдів 300 мкл плазмідної ДНК (25 нг/мл кожного вектора) змішували з 1 мл середовища OPTI-MEM. Тим часом 300 мкл Lipofectamine® 2000 (Invitrogen, США) змішували з 1 мл середовища OPTI-MEM. Після 5 хвилин інкубування за кімнатної температури, розчини об'єднували та інкубували ще 20 хвилин. Комплекс ДНК-Lipofectamine® 2000 додавали до підготовлених сперматозоїдів, перемішували та 1 годину, інкубували за кімнатної температури.

Штучне осіменіння. Кожній качці в яйцепровід, за допомогою

скляного шприца-катетера на глибину 2–4 см [25] вводили приблизно 500 млн активних сперматозоїдів. Після осіменіння качок трансфікованими сперматозоїдами яйця збирали і інкубували упродовж 28 днів, виділяли завмерлі ембріони та вирощували отриманих каченят.

Результати дослідження та їх обговорення. Варто зазначити, що в наших попередніх дослідженнях значна частина ембріонів качки загинула від інфекції. Це могло бути обумовленим інфікованістю качиних яєць, яку складно подолати використанням стандартної дезінфекції. Вирізання вікна в качиному яйці сприяє поширенню інфекції на ембріон, а умови інкубації є сприятливими для її розвитку. Перші спроби заповнення порожнини яйця після ін'єкцій донорським білком, а також покриття вікна донорською оболонкою призводили до зараження ембріонів усіх дослідних груп. Тому в цьому дослідженні донорський білок був замінений на культуральне середовище з додаванням антибіотиків, а донорська плівка на поліетілен. Іншим важливим чинником, який впливав на виживаність ембріонів був розмір вікна і його місце розташування у яйці. Зменшення розміру вікна і його розташування між гострим і тупим кінцем яйця підвищили ефективність

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сютао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

ін'єкцій за рахунок виживаності ембріонів.

Результати інкубування качиних яєць за використання різних методів введення ДНК конструкції розміщені в таблиці 1.

У результаті дії прямої ін'єкції ДНК трансгенної конструкції під ембріональну порожнину 300 ембріонів 35,7 % ембріонів не розвивалися після ін'єкції, 36 % зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії (9 день інкубації), 8% загинули в період 10–15 днів, 17,3 % – 16–25 день. Усього після прямих ін'єкцій отримали 9 живих каченят (виживаність склала 3 %), серед яких 4 були трансгенними.

Після штучного осіменіння (ШО) качок трансфікованою спермою на інкубацію було закладено 292 яйця. Після першої овоскопії незаплідненими виявилися 51,4 % яєць; 0,7 % ембріонів зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії, 1,0 % загинули в період 10–15 днів, 17,8 % – 16–25 день, 6,2 % задихнулися під час виводу. Усього після використання трансфікованої сперми отримали 67 живих каченят (виживаність ембріонів від запліднених яєць склала 47,2 %). Серед 31 дорослих тварин 19 були трансгенними [26].

1. Результати інкубування качиних яєць за різних методів трансгеннозу

Метод		Трасфекція сперми + ШО		Ін'єкції в порожнину БДД (EGK-X)							
				Пряма ін'єкція		ТДБДК+УФ		ДБДК+Бусульфан			
								75 нг	150 нг	300 нг	
Одиниці виміру		шт	%	шт	%	шт	%	шт	шт	шт	%
Закладено ембріонів		292	100	300	100	200	100	100	100	200	100
Вилучено на овоскопії:											
1	не розвивались	150	51.4	107	35.7	40	20.0	12	68	122	61.0
	«кров'яні кільця»	2	0.7	108	36.0	55	27.5	27	11	34	17.0
2	«Завмерлі»	3	1.0	24	8.0	15	7.5	14	5	25	12.5
3		70	24.0	52	17.3	70	35.0	42	14	18	9.0
Вилупилось		67	47.2	9	3.0	20	10.0	5	2	1	0.5
Трансгенних		19/31	61.3	4/9	44.4	7/13	53.8	-	-	-	-

За використання бусульфану для стерилізації клітин реципієнта використали 3 дози препарату (75/150/300нг) за концентрації 300 нг на яйце з подальшою ін'єкцією ДБДК, дослідили 200 ембріонів, серед яких

61,0 % не розвивалися після ін'єкції, 17,0 % зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії, 12,5 % загинули в період 10–15 днів, 9,0 % – 16–25 день. Усього після ін'єкцій бусульфану у концентрації 300 нг на

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

яйце отримали 1 живе каченя (виживаність склала 0,5 %). За концентрації 150 нг на яйце дослідили 100 ембріонів, серед яких не розвивалися після ін'єкції 68,0 %, 11,0 % зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії, 5 % загинули в період 10–15 днів, та 14,0 % вилучили на 25 день інкубування. Усього після ін'єкцій бусульфану у концентрації 150 нг на яйце отримали 2 живих каченят (виживаність склала 0,5 %). За концентрації бусульфану 75 нг на яйце дослідили 100 ембріонів, серед яких не розвивалися після ін'єкції 12,0 %, 27,0 % зупинилися в розвитку на момент першої овоскопії, 14,0 % загинули в період 10–15 днів, 42,0 % – 16–25 день. Усього після ін'єкцій бусульфану у концентрації 75 нг на яйце отримали 5 живих каченят (виживаність склала 5 %).

Опромінення ультрафіолетом 200 ембріонів упродовж 1 години з подальшою ін'єкцією бластодермальних трансфікованих клітин донорів призвело до загибелі після ін'єкції 20 %, зупинились у розвитку 27,5 %, 7,5 % загинули в період 10–15 днів, 35,0 % – 16–25 день. Усього за використання ультрафіолетового опромінення отримали 20 живих каченят (виживаність склала 10 %). Після настання статевої зрілості лише 13 з 20 тварин дали нащадків. Аналіз ДНК, виділеної з крові, пір'я, сперми, засвідчив, що з цих 13

репродуктивно здатних особин 7 були трансгенними химерами. Використання ультрафіолету дало змогу зменшити вплив інфікованості яєць, яка зумовлена структурою шкаралупи водоплавної птиці.

Отже, самим безпечним для виживання ембріонів виявився метод осіменіння качок трансфікованою спермою, за використання якого вижили 47,2 % ембріонів.

Порівняння отриманих нами даних з результатами інших дослідників свідчать, що виводимість каченят у наших дослідженнях нижча, ніж курчат в аналогічних дослідженнях. Так, В. J. Jordan and S. B. Vogel (2014) показали високу виводимість (52,5 %) курчат після прямої ін'єкції в неінкубовані ембріони. Після інкубації отримано 42 курчат з 80 проін'єктованих ембріонів [27]. Penno, C. A., Kawabe, Y., (2010) вводили (1,5–4,0 мкл розчину) ретровірусного вектору в серце курячих ембріонів на стадії 15 НН. Загалом у серії з 4 експериментів залежно від титру вірусу в розчині, отримали 21 курча з 74 ембріонів у які проводили ін'єкцію, виводимість курчат була в межах 13–50 % і в середньому 28 % [28].

Scott, B. B., & Lois, C. (2005) отримали мозаїчних перепелів, шляхом зараження бластодисків неінкубованих яєць концентрованим лентивірусним вектором HsynGW. Вводили 3 мкл розчину вектору в

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

підембріональну порожнину, через вікно в шкаралупі розміром 4 на 4 мм. З 80 ембріонів в які провели ін'єкцію отримали 8 перепелів, виводимість становить 10 % [29].

Wang, Z.-B., Du, Z.-Q., (2019) вводили плазмідно-ліпосомний комплекс транспозону Tol2 в дорсальну аорту курячих ембріонів на стадіях 14–15 за Hamburger and Hamilton, 1951 (HH) [22], шляхом прорізування вікон на тупому кінці яйця. З 198 ін'єктованих ембріонів вилупилося 136 курчат, виводимість становила 68,7 %, цього результату дослідники досягли шляхом визначення впливу місця та розміру прорізу в шкаралупі. Так за розміщення прорізу з гострого кінця яйця з 30 проін'єктованих ембріонів отримали 16 курчат (53,3 %). За розміщення прорізу на тупому кінці яйця в залежності від діаметру прорізу шкаралупи, зовнішньої і внутрішньої мембрани підшкаралупної оболонки, виводимість становила 6,7 % (2/30) за розміру вікна відповідно 10, 10 і 20 мм, а за розміру прорізу в оболонках 10, 10 і 5 мм, виводимість становила 70 % (21/30) [30]. Lee, H. J., Yoon, J. W., (2019) з метою створення трансгенних курчат, через вікно

вирізане на гострому кінці яйця, введено понад 3000 PGC після трансфекції в спинну аорту зародку на стадії 14–17 HH. Автори інкубували яйця гострим кінцем вниз до вилуплення. У результаті інкубації 260 ембріонів, у які зробили ін'єкцію, отримали 8 курчат (виводимість склала 3,1 %) [31]. Нам вдалося підвищити виводимість каченят за рахунок розміщення вікна між гострим та тупим кінцями, що дало змогу зберегти повітряну камеру.

Висновки і перспективи. За використання різних біотехнологічних процедур введення трансгенної конструкції в геном качки самим безпечним для виживання ембріонів виявився метод осіменіння качок трансфікованою спермою, за використання якого вижили 47,2 % ембріонів. Ін'єкції ДНК конструкції під ембріональну порожнину призводили до зупинки в розвитку 35,7 % ембріонів, тоді як ін'єкції бластодермальних клітини після дії ультрафіолету – 20,0 %, та бусульфану – 12,0 % (75 нг на яйце), 68,0 % (150 нг на яйце), 61,0 % (300 нг на яйце). Інфікованість ембріонів була важливим чинником, за рахунок якого спостерігалась їх загибель після ін'єкцій.

developmental biology. Developmental dynamics. 2004. 229(3):414–421.

3. Tjørve, K. M., & Tjørve, E. Shapes and functions of bird-growth models: how to characterise chick postnatal growth. Zoology. 2010. 113(6):326–333.

Список використаних джерел

1. Kagami, H. Perspectives on avian stem cells for poultry breeding. Animal Science Journal. 2016. 87(9):1065–1075.
2. Mozdziak, P. E., & Petite, J. N. Status of transgenic chicken models for

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сютао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

4. Lampreht Tratar, U., Horvat, S., & Cemazar, M. Transgenic Mouse Models in Cancer Research. *Frontiers in oncology*. 2018. 8:268.
5. Pavlou, A., Reichert, J. Recombinant protein therapeutics—success rates, market trends and values to 2010. *Nat Biotechnol*. 2004. 22:1513–1519.
6. Lillico, S. G., McGrew, M. J., Sherman, A., & Sang, H. M. Transgenic chickens as bioreactors for protein-based drugs. *Drug discovery today*. 2005. 10(3):191–196.
7. Devlin, R. H. CELLULAR, MOLECULAR, GENOMICS, AND BIOMEDICAL APPROACHES | Growth Hormone Overexpression in Transgenic Fish. *Encyclopedia of Fish Physiology*. 2011. 2016–2024.
8. Clark, D. P., & Pazdernik, N. J. Transgenic Animals. *Biotechnology*. 2016. 493–521.
9. Gordon, J. W., Ruddle, F. H. Integration and stable germ line transmission of genes injected into mouse pronuclei. *Science*. 1981. 214:1244–1246.
10. Love, J, Gribbin, C, Mather, C, Sang, H. Transgenic birds by DNA microinjection. *Biotechnology*. 1994. 12:60–63.
11. Perry, M. M. A complete culture system for the chick embryo. *Nature*. 1988. 331:70–72.
12. Ginsburg M., Eyal-Giladi H. Primordial germ cells of the young chick blastoderm originate from the central zone of the area pellucida irrespective of the embryo-forming process. *Development*. 1987. 101(2):209–219.
13. Kagami, H., Tagami, T., Matsubara, Y., Harumi, T., Hanada, H., Maruyama, K., Sakurai, M., Kuwana, T., and Naito, M. The developmental origin of primordial germ cells and the transmission of the donor-derived gametes in mixed-sex germline chimeras to the offspring in the chicken. *Mol. Reprod. Dev*. 1997. 48(4):501–510.
14. Kino, K. B., B. Pain, M. Leibo, M. Cochran, M. E. Clark, and R. J. Etches. Production of chicken chimeras from injection of frozen-thawed blastodermal cells. *Poultry Sci*. 1997. 76(5):753–760.
15. Chen, Y.-C., Lin, S.-P., Chang, Y.-Y., Chang, W.-P., Wei, L.-Y., Liu, H.-C., ... Wu, S.-C. In vitro culture and characterization of duck primordial germ cells. *Poultry Science*. 2019. 98:1820–1832.
16. Szta'n, N., Patakiné Va'rkonyi, E., Liptó'i, K., and Barna, J. Observations of embryonic cell manipulations in different poultry species. *Magyar Allatorvosok Lapja*. 2012. 8:475–478.
17. Aige-Gil, V., & Simkiss, K. Sterilisation of avian embryos with busulphan. *Research in Veterinary Science*. 1991. 50:139–44.
18. Тагіров, М. Получение химер герминативной линии птиц. *Біотехнологія*. 2010. 3(2):82–88.
19. Kaewmanee, T., Benjakul, S., & Visessanguan, W. Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting. *Food Chemistry*. 2009. 112(3):560–569.
20. Korol, P. V., Kostenko, S. O., Konoval, O. M., Lu, L., & Li, L. Egg productivity of EGFP-transgenic ducks. *Animal science and food technology*. 2019. 10(3):20–26.
21. Doroshenko, M. S., Chepiha, A. M., Kostenko, S. O., Korol, P. V., Konoval, O. N., Lu, L., Xuetao, H., & Li, L. Вплив репродуктивного сезону на спермопродуктивність гермінативних химер селезнів. *Розведення і генетика тварин*. 2018. 55:187–195.
22. Hamburger V, Hamilton HL. A series of normal stages in the development of the chick embryo. 1951. *Dev Dyn*. 1992. 195(4):231–272.
23. Eyal-Giladi H, Kochav S. From cleavage to primitive streak formation: a complementary normal table and a new look at the first stages of the development of the chick. I. General morphology. *Dev Biol*. 1976. 49(2):321–337.
24. Lucas A. M., Jamroz C. Atlas of Avian Hematology. Washington. D. C: U. S. Department of Agriculture. 1961. 271p.
25. Onishi N., Kato Y., Futamura K. Studies on the artificial insemination in ducks *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci*. 1955. 11:1–16.

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сютао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

26. Konoval O, Korol P, Tabaka P, Kostenko S, Lizhi L, Chepiha A, Doroshenko M, Drahulian M, Xingchen B, Xuetao H, Liumeng L. Generation of transgenic ducks by crispr/CAS9-mediated gene insertion combined with the sperm-mediated gene transfer (SMGT). *Biopolym. Cell.* 2019. 35(6):427-436.

27. Jordan, B. J., Vogel, S., Stark, M. R., & Beckstead, R. B. Expression of green fluorescent protein in the chicken using in vivo transfection of the piggyBac transposon. *Journal of Biotechnology.* 2014. 173:86–89.

28. Penno CA, Kawabe Y, Ito A, Kamihira M. Production of recombinant human erythropoietin/Fc fusion protein by genetically manipulated chickens. *Transgenic Res.* 2010. 19(2):187-195.

29. Scott BB, Lois C. Generation of tissue-specific transgenic birds with lentiviral vectors. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2005. 102(45):16443-16447.

30. Wang ZB, Du ZQ, Na W, Jing JH, Li YM, Leng L, Luan P, Wu CY, Zhang K, Wang YX, Liu WL, Yuan H, Liu ZH, Mu YS, Meng QW, Wang N, Yang CX, Li H. Production of transgenic broilers by non-viral vectors via optimizing egg windowing and screening transgenic roosters. *Poult Sci.* 2019. 98(1):430-439.

31. Lee HJ, Yoon JW, Jung KM, Kim YM, Park JS, Lee KY, Park KJ, Hwang YS, Park YH, Rengaraj D, Han JY. Targeted gene insertion into Z chromosome of chicken primordial germ cells for avian sexing model development. *The FASEB Journal.* 2019. 33(7):8519-8529.

References

1. Kagami, H. (2016). Perspectives on avian stem cells for poultry breeding. *Animal Science Journal*, 87(9), 1065–1075. doi:10.1111/asj.12620

2. Mozdzia, P. E., & Petite, J. N. (2004). Status of transgenic chicken models for developmental biology. *Developmental dynamics : an official publication of the American Association of Anatomists*, 229(3), 414–421. https://doi.org/10.1002/dvdy.10461

3. Tjørve, K. M., & Tjørve, E. (2010). Shapes and functions of bird-growth models: how to characterise chick postnatal growth.

Zoology (Jena, Germany), 113(6), 326–333. https://doi.org/10.1016/j.zool.2010.05.003

4. Lamprecht Tratar, U., Horvat, S., & Cemazar, M. (2018). Transgenic Mouse Models in Cancer Research. *Frontiers in oncology*, 8, 268. https://doi.org/10.3389/fonc.2018.00268

5. Pavlou, A., Reichert, J. (2004) Recombinant protein therapeutics—success rates, market trends and values to 2010. *Nat Biotechnol* 22, 1513–1519. https://doi.org/10.1038/nbt1204-1513

6. Lillico, S. G., McGrew, M. J., Sherman, A., & Sang, H. M. (2005). Transgenic chickens as bioreactors for protein-based drugs. *Drug discovery today*, 10(3), 191–196. https://doi.org/10.1016/S1359-6446(04)03317-3

7. Devlin, R. H. (2011). CELLULAR, MOLECULAR, GENOMICS, AND BIOMEDICAL APPROACHES | Growth Hormone Overexpression in Transgenic Fish. *Encyclopedia of Fish Physiology*, 2016–2024. doi:10.1016/b978-0-12-374553-8.00247-1

8. Clark, D. P., & Pazdernik, N. J. (2016). Transgenic Animals. *Biotechnology*, 493–521. doi:10.1016/b978-0-12-385015-7.00016-8

9. Gordon, J. W., & Ruddle, F. H. (1981). Integration and stable germ line transmission of genes injected into mouse pronuclei. *Science (New York, N.Y.)*, 214(4526), 1244–1246. https://doi.org/10.1126/science.6272397

10. Love, J., Gribbin, C., Mather, C., & Sang, H. (1994). Transgenic Birds by DNA Microinjection. *Nature Biotechnology*, 12(1), 60–63. doi:10.1038/nbt0194-60

11. Perry, M. M. (1988). A complete culture system for the chick embryo. *Nature*, 331(6151), 70–72. doi:10.1038/331070a0

12. Ginsburg, M., & Eyal-Giladi, H. (1987). Primordial germ cells of the young chick blastoderm originate from the central zone of the area pellucida irrespective of the embryo-forming process. *Development (Cambridge, England)*, 101(2), 209–219

13. Kagami, H., Tagami, T., Matsubara, Y., Harumi, T., Hanada, H., Maruyama, K., ... Naito, M. (1997). The developmental origin of

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сютао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

primordial germ cells and the transmission of the donor-derived gametes in mixed-sex germline chimeras to the offspring in the chicken. *Molecular Reproduction and Development*, 48(4), 501–510. doi:10.1002/(sici)1098-

2795(199712)48:4<501::aid-mrd11>3.0.co;2-w

14. Kino, K., Pain, B., Leibo, S., Cochran, M., Clark, M., & Etches, R. (1997). Production of chicken chimeras from injection of frozen-thawed blastodermal cells. *Poultry Science*, 76(5), 753–760. doi:10.1093/ps/76.5.753

15. Chen, Y.-C., Lin, S.-P., Chang, Y.-Y., Chang, W.-P., Wei, L.-Y., Liu, H.-C., ... Wu, S.-C. (2018). In vitro culture and characterization of duck primordial germ cells. *Poultry Science*. doi:10.3382/ps/pey515

16. Nikolettá, Sztán & Patakiné Várkonyi; E. Várkonyi, Eszter & Liptói, Krisztina & Barna, Judit. (2012). Observations of embryonic cell manipulations in different poultry species. *Magyar Allatorvosok Lapja*. 134, 475-478

17. Aige-Gil, V., & Simkiss, K. (1991). Sterilisation of avian embryos with busulphan. *Research in Veterinary Science*, 50(2), 139–144. doi:10.1016/0034-5288(91)90096-7

18. Tahyrov, M. T. (2010). Poluchenye khymer hermynatyvnoy lynny ptyts. *Biotechnologia Acta*, 3 (2), 82-87

19. Kaewmanee, T., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2009). Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting. *Food Chemistry*, 112(3), 560–569. doi:10.1016/j.foodchem.2008.06.011

20. Korol, P. V., Kostenko, S. O., Konoval, O. M., Lu, L., & Li, L. (2019). Egg productivity of EGFP-transgenic ducks. *Animal science and food technology*, 10(3), 20–26. doi:10.31548/animal2019.03.020

21. Doroshenko, M. S., Chepiha, A. M., Kostenko, S. O., Korol, P. V., Konoval, O. N., Lu, L., Xuetao, H., & Li, L. (2018). Influence of the reproductive season on the sperm production of the germline chimeras of drakes. *Animal Breeding and Genetics*, 55, 187-195. <https://doi.org/10.31073/abg.55.26>

22. Hamburger, V., & Hamilton, H. L. (1992). A series of normal stages in the development of the chick embryo. 1951. *Developmental dynamics : an official publication of the American Association of Anatomists*, 195(4), 231–272. <https://doi.org/10.1002/aja.1001950404>

23. Eyal-Giladi, H., & Kochav, S. (1976). From cleavage to primitive streak formation: A complementary normal table and a new look at the first stages of the development of the chick. *Developmental Biology*, 49(2), 321–337. doi:10.1016/0012-1606(76)90178-0

24. Lucas A. M., Jamroz C. (1961). *Atlas of Avian Hematology*. Washington D.C. US Department of Agriculture, 271.

25. Onishi, N., Kato, Y., Futamura, K. (1955) Studies on the artificial insemination in ducks. *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci., Series G*. 11, 1–16.

26. Konoval O, Korol P, Tabaka P, Kostenko S, Lizhi L, Chepiha A, Doroshenko M, Drahulian M, Bu X., Huang X., Li. L. (2019). Generation of transgenic ducks by crispr/CAS9-mediated gene insertion combined with the sperm-mediated gene transfer (SMGT). *Biopolym. Cell*, 35(6), 427–436. <https://doi.org/10.7124/bc.000A16>.

27. Jordan, B. J., Vogel, S., Stark, M. R., & Beckstead, R. B. (2014). Expression of green fluorescent protein in the chicken using in vivo transfection of the piggyBac transposon. *Journal of Biotechnology*, 173, 86–89. doi:10.1016/j.jbiotec.2014.01.016

28. Penno, C. A., Kawabe, Y., Ito, A., & Kamihiro, M. (2009). Production of recombinant human erythropoietin/Fc fusion protein by genetically manipulated chickens. *Transgenic Research*, 19(2), 187–195. doi:10.1007/s11248-009-9310-z

29. Scott, B. B., & Lois, C. (2005). Generation of tissue-specific transgenic birds with lentiviral vectors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(45), 16443–16447. doi:10.1073/pnas.0508437102

30. Wang, Z. B., Du, Z. Q., Na, W., Jing, J. H., Li, Y. M., Leng, L., Luan, P., Wu, C. Y., Zhang, K., Wang, Y. X., Liu, W. L., Yuan, H., Liu, Z. H., Mu, Y. S., Meng, Q. W., Wang, N., Yang, C. X., & Li, H. (2019). Production of transgenic broilers by non-viral vectors via

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сютао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

optimizing egg windowing and screening transgenic roosters. *Poultry science*, 98(1), 430–439. <https://doi.org/10.3382/ps/pey321>.

31. Lee, H. J., Yoon, J. W., Jung, K. M., Kim, Y. M., Park, J. S., Lee, K. Y., ... Han, J.

Y. (2019). Targeted gene insertion into Z chromosome of chicken primordial germ cells for avian sexing model development. *The FASEB Journal*, fj.201802671R. doi:10.1096/fj.201802671r

TRANSGENESIS BIOTECHNOLOGICAL PROCEDURES INFLUENCE ON DOMESTIC DUCK EMBRYOS SURVIVAL

P. V. Korol, S. O. Kostenko, O. M. Konoval, M. S. Doroshenko, L. Lu, A. M. Chepiha, O. M. Sydorenko, P. P. Dzhus, N. P. Svyrydenko, T. V. Lytvynenko, H. Xuetao, X. Bu, L. Li, E. R. Kostyuk, P. O. Filipova, M. V. Drahulian

Abstract. Due to its high reproductive potential, short interval between generations and embryonic development outside the mother's body, the bird provides unique opportunities for its use in fundamental and applied biological research. The creation of a transgenic bird is complicated by the structure of its opaque egg cell with a large yolk and a unique reproductive system of this class. Direct microinjection of DNA into an oocyte, which is often used in mammals, is practically impossible for birds, since fertilization occurs in the infundibulum of the reproductive tract and can be polyspermic. Therefore, manipulations with the zygote turned out to be difficult for their use in creating a transgenic bird. Over the past decades, some alternative strategies have been developed for producing transgenic poultry using bizarre animals created by transferring blastodermal cells.

However, to date, the efficiency of creating transgenic poultry in many cases remains very low, and the technique of using ducks to create transgenic poultry is practically not developed. Busulfan is used to suppress cell proliferation. Injection of busulfan into the pericardial cavity is one of the methods that increases the number of donor cells when creating chimeras. However, until now, methods of creating hermentative ducks chimeras face difficulties associated with the structure of the shell of waterfowl.

Therefore, the aim of the work was to establish the effect of factors influencing the survival of transgenic embryos when using various methods of introducing a DNA construct into the duck genome.

The objects of the study were ducks (*Anas platyrhynchos*) of the Shan partridge duck and Shaoxing breeds kept at the duck farm of Zhuji Guowei Poultry Development Co., Ltd, China. The studies were carried out in the poultry genetics laboratory of the Zhejiang Academy of Agricultural Sciences and on the duck farm of Zhejiang Generation Biological Science and Technology Co., Ltd. (Zhejiang Province, PRC).

For the analysis of survival, we used embryos obtained by using various methods of introducing the DNA (insertion of the EGFP gene, mediated by homologous repair (HDR)) 1) direct injection of the DNA construct into the sub-embryonic cavity; 2) transfection of DNA with sperm; 3) injection of transfected donor blastomeres into recipient embryos after exposure to busulfan or ultraviolet radiation.

Король П. В., Костенко С. О., Коновал О. М., Дорошенко М. С., Лу Л., Чепіга А. М., Сидоренко О. В., Джус П. П., Свириденко Н. П., Литвиненко Т. В., Сюстао Х., Бу С., Лі Л., Костюк Є. Р., Філіпова П. О., Драгулян М. В.

A total more than 1100 eggs were examined. As a result of the direct injection of a transgenic DNA construction (sub-embryonic cavity of 300 embryos, 35.7 % of embryos did not develop after injection, 36% stopped developing at the time of the first ovoscopy (day 9 of incubation), 8 % died within 10-15 days, 17, 3 % - 16-25 days. In total, after direct injections, 9 live ducklings were received (the survival rate was 3 %), of which 4 were transgenic.

After insemination of ducks transfected with sperm, 292 eggs were laid for incubation. After the first ovoscopy, 51.4 % of the eggs were unfertilized; 0.7 % of embryos stopped developing at the time of the first ovoscopy (9 day of incubation), 1.0 % died within 10-15 days, 17.8 % - 16-25 days, 6.2 % suffocated during hatching. In total, after using the transfected sperm, 67 live ducklings were obtained (the survival rate of embryos from fertilized eggs was 47.2%). Among 31 adult animals, 19 were transgenic.

To sterilize recipient cells for the use of busulfan at a concentration of 300 ng per egg, followed by injection of blastodermal transfected donor cells, 200 embryos were examined, among which 61.0 % of embryos developed after injection, 17.0 % stopped in development at the time of the first ovoscopy (day 9 of incubation), 12.5 % of those died in the period of 10-15 days, 9.0 % - 16-25 days. In total, after injections of busulfan at a concentration of 300 ng per egg, 1 live duckling was obtained (the survival rate was 0.5%).

Using busulfan at a concentration of 150 ng per egg, 100 embryos were examined, among which 68.0 % of embryos developed after injection, 11.0 % stopped developing at the time of the first ovoscopy (day 9 of incubation), 5 % died within 10-15 days, 14.0 % - 16-25 days. In total, after injections of busulfan at a concentration of 150 ng per egg, 2 live ducklings were obtained (the survival rate was 0.5 %).

Using busulfan at a concentration of 75 ng per egg, 100 embryos were examined, among which 12.0 % of embryos developed after injection, 27.0 % stopped developing at the time of the first ovoscopy (9 day of incubation), 14.0 % died in the period 10-15 days, 42.0 % - 16-25 days. In total, after injections of busulfan at a concentration of 75 ng per egg, 5 live ducklings were obtained (the survival rate was 5 %).

Ultraviolet irradiation of 200 embryos for 1 hour followed by injection of blastodermal transfected donor cells resulted in death after injection of 20%, stopped developing 27.5 % (9 days of incubation), 7.5% died within 10-15 days, 35.0 % - 16-25 days. A total of 20 live ducklings were obtained using ultraviolet radiation (survival rate was 10 %). Among 13 adult animals gave offspring, 7 were transgenic chimeras. The use of ultraviolet light has reduced the impact of egg infection due to the structure of waterfowl shells.

Thus, the safest for the survival of embryos was the method of insemination of ducks with transfected sperm, using which 47.2 % of embryos survived.

Key words: *Anas platyrhynchos*, domestic duck, transgenesis, embryo survival, DNA transfection with semen, blastomere injections, busulfan, ultraviolet radiation

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ПОПУЛЯЦІЙ ЛЮЦЕРНИ ЗА РІЗНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

А. В. ТИЩЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу селекції

О. Д. ТИЩЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу селекції

Ю. О. ЛЮТА, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

О. О. ПІЛЯРСЬКА, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу маркетингу, трансферу інновацій та економічних досліджень

Інститут зрошуваного землеробства НААН

E-mail: tischenko_andriy@ukr.net

<https://doi.org/dopovidi2021.04.007>

Анотація. *Мета.* Провести оцінку генотипів люцерни кормового напрямку використання за різних умов зволоження та виділити кращі, які б стабільно відтворювали високий рівень господарсько-цінних ознак для створення нових селекційних популяцій.

Методи: польовий, порівняльний, математично-статистичний. Дослідження проводились упродовж 2017-2020 рр.

Результати. Дослідження показали, що ознаки «висота рослин», «середньодобовий лінійний приріст» і «тривалість міжукісних періодів» є досить варіабельними, вони схильні до коливань за роками використання травостою, укосами й залежать від генетичних та біологічних особливостей популяцій люцерни й метеорологічних умов. Тривалість міжукісних періодів, настання укисної стиглості люцерни залежали від середньодобової температури ($r = -0,93-0,982$), тривалості сонячного саява ($r = -0,18-0,961$) і довготи дня ($r = 0,14-0,666$). Популяції люцерни різняться між собою за висотою, середньодобовим приростом за укосами, роками життя травостою. Максимальними показниками цих ознак характеризувались рослини на другий рік життя травостою, у третьому укосі з висотою 70,0-76,4 см, середньодобовим приростом 1,81-1,96 см за крапельного зрошення та у другому (відповідно 56,4-67,4 см; 1,41-1,69 см) – в умовах природного зволоження.

Висновки. Створення різних умов вирощування дає можливість виявити цінні генотипи з високою швидкістю лінійного приросту: сорт Елегія і популяції M.g./ П.п., L R/ Н., A.r. d. для подальшої селекційної роботи.

Ключові слова: люцерна, генотип, висота рослин, середньодобовий приріст, тривалість міжукісних періодів, краплинне зрошення, природне зволоження, кормові цілі

Актуальність. Створення сортів для вирощування на кормові цілі – один із головних напрямів селекції люцерни, оскільки їх наявність забезпечує одержання високоякісної зеленої маси. Такі сорти мають поєднувати в собі низку ознак: швидке відростання навесні та після скошування, інтенсивний лінійний приріст, високорослість, нетривалий міжукісний період, великі потенційні можливості накопичення кормової маси.

Кожній ґрунтово-кліматичній зоні необхідний різноманітний набір взаємодоповнюючих сортів, адаптованих до екстремальних умов вирощування. Відповідно до цього, вивчення потенціалу вихідного матеріалу люцерни, відбір форм із високою продуктивністю зеленої маси і насіння, стійких до дії несприятливих умов середовища й залучення їх у селекційний процес є актуальним і перспективним, так як, дає можливість збільшити сортове різноманіття люцерни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ріст і розвиток люцерни – процеси взаємопов'язані, інтенсивність їх проходження в різні періоди вегетації рослин неоднакова.

Люцерна за сезон дає кілька укосів. Їх формування відбувається за різної довжини дня, температурної напруженості, тому час настання укісної стиглості, енергія відростання та інтенсивність росту будуть різнитися залежно від

метеорологічних умов, що складаються. Так, тривалість міжукісних періодів з кожним укосом скорочується, максимальний середньодобовий приріст в умовах півдня України завжди припадає на червень-липень. Ближче до осені, зі зменшенням довжини дня за порівняно високої середньодобової температури збільшується тривалість міжукісного періоду, зменшується середньодобовий лінійний приріст [1]. Значні відмінності у видів і сортів люцерни за тривалістю міжфазних періодів, які змінюються за роками життя рослин та укосами, у своїх дослідженнях спостерігав О. Іванов [2]. Багаторічні дослідження (за 22 роки) виявили в сортів люцерни Ерусланка і Артеміда різну тривалість періоду вегетації упродовж трьох укосів: найдовший він був у третьому укосі, а найкоротший – у другому [3]. На різну довжину міжукісних періодів вказують і інші дослідники. Так, тривалість від весняного відростання до першого укосу становила 74–75 діб залежно від сорту, другий міжукісний період (від першого укосу до другого) становив усього лише 45 діб [4].

Відростання люцерни починається рано навесні з бруньок, розташованих на коронці кореня. Інтенсивність весняного і післяукісних відростання видів і сортів люцерни залежить від їх генотипу, запасів поживних речовин у коронці кореня рослини, вологості

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

грунту, метеорологічних умов і тісно пов'язана з висотою рослин. Marijana Tusak et al. вважають висоту рослин одним з важливих непрямих показників урожайності кормової маси. Вони спостерігали високий зв'язок висоти рослин люцерни з урожаєм зеленої маси та сухої речовини ($r = 0,85; 0,87$) [5]. Такої ж думки дотримуються І. М. Шатский та ін. Вони стверджують, що ознака «висота рослини» служить непрямим показником кормової продуктивності і встановили пряму кореляційну залежність між висотою травостою і врожайністю ($r = 0,88$) [6]. Інші вчені зазначають різної сили кореляційну залежність між цими ознаками. За даними Сагалбекова та ін. є середній і сильний позитивний кореляційний зв'язок між висотою рослин і урожаєм зеленої маси ($r = 0,57-0,70$) [7]. Меншої сили зв'язок ($r = 0,38-0,39$) між цими ознаками зазначали І. А. Володина та ін., В. П. Кочетов [8,9].

У дослідженнях Т. Н. Попової та ін. [3] виявлено високе варіювання висоти рослин, як за укосами, так і за роками життя. До того ж у будь-який рік життя, особливо без зрошення, рослини можуть бути вищими або нижчими. Мінливість висоти рослин за роками життя залежить від поєднання метеорологічних умов (сприятливого або несприятливого). Інша закономірність мінливості висоти травостою спостерігається за укосами: поступове зниження висоти

від першого укосу до останнього. Це стосується не лише до богарних посівів, більш схильних до впливу кліматичних умов, а й до зрошуваних. Особливо велика різниця за висотою рослин спостерігається між першим укосом і останнім, під час формування якого не всі види і сорти люцерни досягають фази початку цвітіння [2]. Встановлено, що висота травостою люцерни (фаза початку цвітіння) зменшується від укосу до укосу, так у першому укосі вона склала 67–81 см, у другому – 54–63 см, у третьому – 38–61 см [6]. За укосами висота рослин значною мірою залежала від метеорологічних умов і була, як правило, максимальною у першому укосі, досягнувши 70,6–76,4 см, а мінімальною (20,6–31,5 см) – у третьому укосі [10]. Іншої думки дотримується С. К. Маханова, яка спостерігала, що незалежно від укісної стиглості, на першому році життя висота люцерни була нижчою, ніж у наступні роки, і вона закономірно збільшується від першого року життя до третього. Виняток становить висота рослин другого укосу третього року життя. Автор пояснює це тим, що в перший рік життя коренева система люцерни розвинена ще недостатньо і не може забезпечити рослини необхідними елементами живлення, а також значення мають генетичні особливості популяцій [11]. Значні відмінності за темпами зростання і

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

висотою рослин відзначала в своїх дослідженнях Т. В. Грязева. Слабкий ріст (середньодобовий приріст 0,46 см) рослин у початковий період (квітень) автор пояснює низькими температурами. У середині вегетації (травень) інтенсивність росту збільшується до 1,53 см на добу, а в кінці вегетації знову знижується до 0,72 см/добу [12]. Чесноков І. М. показує високий середньодобовий приріст від 1,0 до 1,9 см/добу, встановивши кореляційний зв'язок енергії росту з висотою ($r = 0,49$) [13]. Значне зменшення висоти рослин пізньої осені і взимку відбувається внаслідок зниження довготи дня і настання більш низьких температур повітря [14].

Висота рослин є важливим компонентом урожайності й часто використовується, як критерій у виборі кращих генотипів на ранній стадії добору. Проведені численні дослідження підтверджують, що є позитивна кореляція між урожайністю і висотою рослини. Величина урожаю зеленої маси сорту люцерни – основна ознака, яка характеризує сорт та його мінливість, і це мінливість не лише потенціалу генотипу, але й чинників довкілля та їх складної взаємодії [5]. Вплив висоти на урожайність становить 80,3 %, тобто 80,3 % варіації урожайності відбувається через прямий вплив висоти рослин [15]. За даними інших авторів зв'язок урожайності з висотою різний,

залежно від укусу він коливається від 0,49 до 0,62 з максимальним показником у другому укусі. Ознака відростання дуже слабо пов'язана з висотою і урожаєм з коефіцієнтами кореляції 0,24–0,40 (висота) та 0,13–0,27 (урожай), хоча числові значення генотипових кореляцій мають високі показники 0,46–0,84 та 0,38–0,70 відповідно [16]. Високі коефіцієнти генотипової кореляції урожайності зеленої маси з висотою рослин на стадії 10 % цвітіння ($r = 0,987$) зазначали й інші вчені [17].

Аналіз літературних джерел показав, що в люцерни за кормового використання основним показником продуктивності є висота рослин. Вона відрізняється за укусами, роками життя травостою й залежить від генотипу й метеорологічних умов, які складаються. З огляду на це, у наші дослідження були включені для вивчення різні генотипи люцерни та два фони зволоження.

Мета досліджень: провести оцінку генотипів люцерни кормового напряму використання за різних умов зволоження та виділити генотипи, які б стабільно відтворювали високий рівень господарсько-цінних ознак для створення нових селекційних популяцій.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в Інституті зрошуваного землеробства НААН упродовж 2017–2020 рр. у польових умовах. Об'єктом вивчення слугували сорти Унітро,

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

Елегія, добори за потужністю кореневої системи зі зразків, відібраних у заповіднику Асканія-Нова, сортів Rambler, Абайська різнокольорова, Сибірська 8 та гібридні популяції F_3 – F_5 , які були створені раніше. Оцінку проводили за кормового використання на двох фонах зволоження: за краплинного зрошення та природного зволоження. Площа ділянки $2,0 \text{ м}^2$, повторність – дворазова. У рік посіву проведено 2–3 укоси і 3–4 на другий рік життя травостою залежно від метеорологічних умов року, генотипу, умов вирощування.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили AgroSTAT, XLSTAT, Statistica (v. 13).

Результати досліджень. Наші дослідження показали, що такі ознаки як «висота рослин» і «тривалість міжукісних періодів» є досить варіабельними, вони схильні до коливань за роками використання травостою, укосами й залежать від генетичних та біологічних особливостей популяцій люцерни і метеорологічних умов. У зв'язку з потеплінням клімату, коли частішали несприятливі й екстремальні умови та стресові явища, насамперед помітно підвищилася середньомісячна температура повітря. Підвищення температури повітря істотно збільшило тривалість літньої спеки за одночасного зменшення кількості атмосферних опадів та їх

нерівномірності випадіння. Тому, як ніколи, зростає роль сорту і його потенційних можливостей у конкретних природно-кліматичних умовах вирощування. У зв'язку з цим, під час створення нового селекційного матеріалу важливо виявити реакцію зразків за інтенсивністю росту в різних умовах вирощування й на погодні умови, які зазнають за роками значних коливань, як за тривалістю дня та сонячного саява, так і за сумою ефективних та середньодобових температур. Певні провокаційні фони допоможуть вивчити біологічний потенціал адаптивних ознак різноманітного селекційного матеріалу люцерни. У нашому випадку дослідження проводилися за умов зрошення та без нього, тобто за природного зволоження.

У результаті вивчення особливостей росту люцерни встановлено, що популяції різнилися між собою за тривалістю міжукісних періодів, висотою та інтенсивністю росту за середньодобовим приростом залежно від укосу й року життя травостою.

Дані проведених досліджень показують, що на першому році життя травостою популяції сформували 3 укоси за краплинного зрошення та 1–2 укоси за умов природного зволоження. Тривалість міжукісних періодів, настання укісної стиглості люцерни залежали від середньодобової температури,

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

тривалості сонячного саява й довготи дня. Це підтверджується обчисленими коефіцієнтами кореляції, які показують, що тривалість міжукісних періодів знаходиться в сильній зворотній залежності від середньодобової температури ($r = -0,93$) та слабкій залежності від довготи дня ($r = 0,14$) і тривалості сонячного саява упродовж 1 дня ($r = -0,18$), ближче до осені вони зменшуються, тому з кожним укосом тривалість міжукісних періодів скорочується. Найбільш тривалим був період сходи-початок цвітіння і становив 65 діб. Це пов'язано з умовами цього періоду – низька середньодобова температура ($19,2^{\circ}\text{C}$), хоча тривалість сонячного саява була

високою і складала 751,8 години, але за добу сонце світило всього лише 11,7 години. Найкоротшим був період відростання-початок цвітіння (другий укіс) і становив 43 доби за високої середньодобової температури ($25,7^{\circ}\text{C}$) і тривалим періодом сонячного саява 12,1 години за добу. У третьому укосі тривалість періоду відростання – останній укіс (початок бутонізації) становила 55 діб, але рослини не досягли укісної стиглості, так як настав час останнього укусу перед входом травостою в зиму. У цей період знижуються середньодобова температура до $19,9^{\circ}\text{C}$, довгота дня до 13:32 години, тривалість сонячного саява до 9,2 години за добу (табл. 1).

1. Тривалість міжукісних періодів першого року життя (середнє за 2017-2019 рр)

Укіс	Період вегетації	Тривалість міжукісних періодів, діб	Метеодані				
			середньодобова температура, $^{\circ}\text{C}$	опад, мм	довгота дня, годин	тривалість сонячного саява, годин за	
						міжукісний період	одну добу
1	Сходи-початок цвітіння	65	19,2	142,4	15:37	751,8	11,7
2	Відростання-початок цвітіння	43	25,7	57,2	15:52	518,9	12,1
3	Відростання-початок бутонізації	55	19,9	9,2	13:32	506,4	9,2

Висота і швидкість лінійного росту – важливі морфологічні ознаки популяцій люцерни, які залежать від генотипу та умов вирощування. Їхня мінливість відбувається залежно від метеорологічних умов, особливо в

дослідах без зрошення. Першого року життя висота рослин люцерни була нижчою, ніж другого року. Припускаємо, що в перший рік коренева система люцерни розвинена ще недостатньо й тому не може

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

забезпечити рослини необхідними елементами живлення. По укосах висота рослин значною мірою залежала від метеорологічних умов і була максимальною в другому укосі, досягнувши 61,3–67,7 см. Нижчими показниками ознаки характеризувалися популяції в першому укосі з коливаннями від 51,4 до 56,6 см і третьому – 32,9–39,7 см за

зрошення. В умовах природного зволоження рослини люцерни значно поступалися за висотою з коливаннями 41,1–48,1 см у першому укосі та високою мінливістю від 18,4 до 29,8 см у другому, з коефіцієнтами варіювання по укосах відповідно $V=4,0$ та $10,5$. Як зазначалося раніше, третього укосу рослини не сформували (рис. 1).

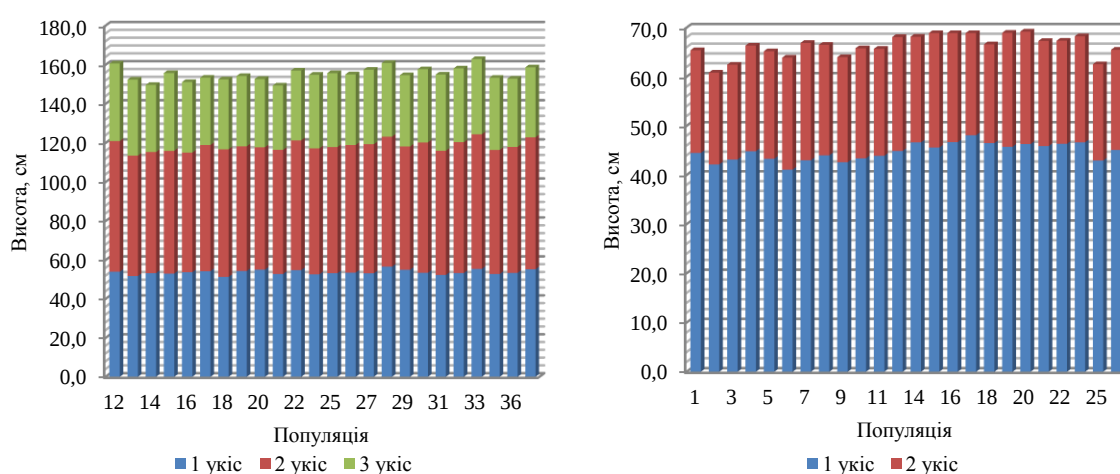


Рис. 1. Висота популяцій люцерни по укосах в умовах зрошення (ліворуч) та в умовах природного зволоження (праворуч)

Найінтенсивніший ріст рослин люцерни припадає на липень, тому найбільшим лінійним приростом висоти на першому році життя характеризувалися рослини у другому укосі з показником 1,43–1,60 см/добу за зрошення. Середньодобовий приріст у першому

та третьому укосах був значно нижчим і становив відповідно 0,79–0,87 см і 0,62–0,72 см в умовах зрошення та 0,63–0,74 см і 0,43–0,63 см у першому і другому укосах в умовах природного зволоження. (рис. 2).

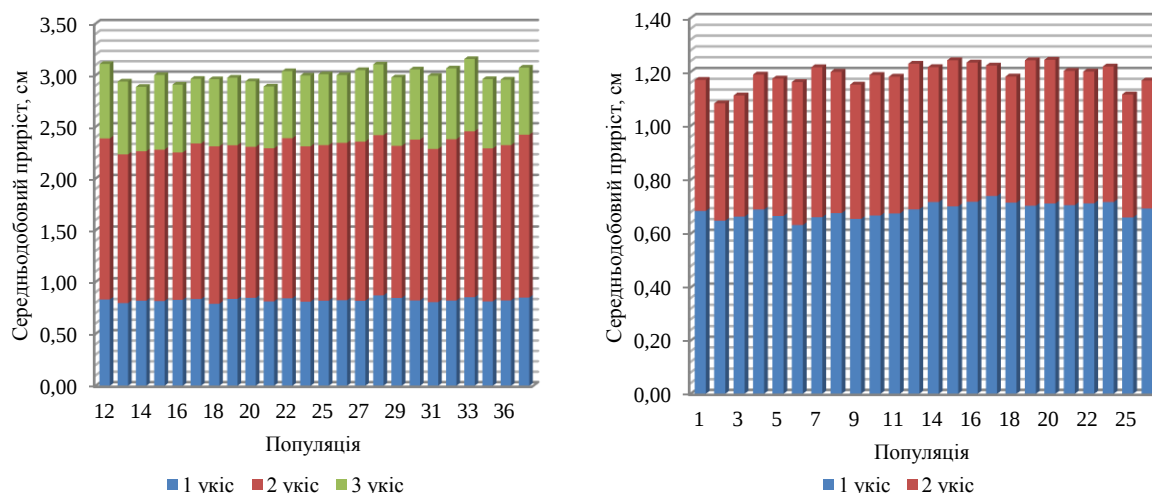


Рис. 2. Середньодобовий приріст по укосах в умовах зрошення (ліворуч) та в умовах природного зволоження (праворуч)

Ріст і розвиток пагонів люцерни в першому укосі проходили за наростання середньодобової температури, а в третьому – за її спаду. Нами встановлена висока пряма залежність швидкості росту висоти рослин люцерни від середньодобової температури ($r = 0,962$), довготи дня ($r = 0,711$) і тривалості сонячного саява упродовж одного дня ($r = 0,738$).

За роки досліджень популяції люцерни не мали різниці між собою за довжиною міжукісних періодів протягом вегетації, а вирізнялися вони в основному за роками життя травостою. На травостої другого року відзначалася ця відмінність залежно від укосу й метеорологічних умов року. Так, на другий рік життя травостою від першого укосу до четвертого спостерігалось прискорення настання фази початок

цвітіння (укісна стиглість). У першому укосі вона наступила на 72 добу, другому – на 40, третьому – на 39 і четвертому – на 51 добу. Це відбувалося за поступового підвищення середньодобової температури з $12,4^{\circ}\text{C}$ у першому укосі до $23,3^{\circ}\text{C}$ у третьому та її зниження до $21,3^{\circ}\text{C}$ у четвертому укосі. У зміні тривалості сонячного саява спостерігається та ж закономірність: зниження, потім поступове підвищення з послідовним зниженням: відповідно 8,6–10,5–11,1–9,6 години / добу (табл. 2).

Довжина міжукісних періодів, подібно до першого року життя травостою, перебувала у зворотній залежності від середньодобової температури ($r = -0,982$), кількості опадів ($r = -0,644$), довготи дня ($r = -0,666$) та тривалості сонячного саява однією доби ($r = -0,961$).

2. Тривалість міжукісних періодів другого року життя (середнє за 2018-2020 рр)

Укіс	Період	Тривалість міжукісних періодів, діб	Метеодані				
			середньодобова температура, °C	опадів, мм	довгота дня, годин	тривалість сонячного саява, годин за	
						міжукісний період	одну добу
1	Відростання-початок цвітіння	72	12,4	42,9	13:54	615,4	8,6
2	Відростання-початок цвітіння	40	23,1	92,0	16:13	417,4	10,5
3	Відростання-початок цвітіння	39	23,3	67,3	15:34	433,8	11,1
4	Відростання-початок цвітіння	51	21,3	31,0	13:08	488,6	9,6

Висота рослин – один з показників потужності розвитку люцерни, який зазвичай пов'язаний з її продуктивністю. Це найбільш важлива в селекційній практиці морфологічна ознака, яка значною мірою залежала від метеорологічних умов, довготи дня ($r = 0,778$) і кількості опадів ($r = 0,695$). У результаті проведених досліджень встановлено, що висота рослин люцерни в умовах зрошення варіювала у різних популяцій по укосах від 64,0 до 70,0 см у першому укосі, 68,1–71,4 см у другому, максимального значення 70,6–76,4 см вона набула у третьому укосі. У

подальшому (четвертий укіс) ріст рослин сповільнювався і їхня висота була в межах 38,7–49,7 см.

В умовах природного зволоження відбувається поступове згасання ростових процесів (60,7–67,2; 56,4–67,4; 40,9–61,5 см) від укосу до укосу і тільки в деяких генотипів (Елегія, М.г./ П.п., L R/ Н., А.г. d.) у другому укосі вони залишаються високими (табл. 3).

Крім того, кореляційний аналіз показав високий позитивний зв'язок середньодобового лінійного приросту з висотою рослин ($r = 0,991$) і чим вищий приріст, тим більша висота рослин люцерни (рис. 3).

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

3. Висота рослин і середньодобовий приріст (см) популяцій люцерни (другий рік життя 2018-2020 рр)

№ діл .	Назва	Висота рослин за укосами, см				Середньодобовий приріст, см/добу			
		1	2	3	4	1	2	3	4
на зрошенні									
12	Унітро. ст.-т	69,1*	71,1*	73,5	46,2*	0,96*	1,78	1,89	0,91*
13	Елегія	68,9*	68,1	75,5*	49,5*	0,96*	1,70	1,94*	0,97*
14	Приморка	68,0	69,8	76,4*	48,0*	0,94	1,75	1,96*	0,94*
15	M.g./ П.п.	64,0	69,5	74,4*	49,7*	0,89	1,74	1,91*	0,97*
17	L R/ Н.	67,2	69,6*	72,5	41,8	0,93	1,74	1,86	0,82
19	А.-Н. № 114	67,5	70,7*	74,1	46,5*	0,94	1,77	1,90*	0,91*
22	Добір за к.с.	69,0*	71,4*	74,3*	45,4*	0,96*	1,78	1,90*	0,89*
24	Ram. d.	67,1	68,3	71,8	38,7	0,93	1,71	1,84	0,76
26	Т/Емерауде	67,8	68,2	72,8	41,4	0,94	1,71	1,87	0,81
27	M.g. / ЦП-11	67,1	68,3	73,9	40,4	0,93	1,71	1,89	0,79
28	Зимостійка/М.К.	70,0*	69,8	75,1*	39,7	0,97*	1,74	1,93*	0,78
30	А.г. d.	69,0*	70,2*	72,9	41,6	0,96*	1,76	1,87	0,82
36	Ж./ ЦП-11	67,9	68,7	70,6	39,4	0,94	1,72	1,81	0,77
37	Сибір. 8. d.	68,4	69,1	73,7	47,1*	0,95*	1,73	1,89	0,92*
Середньопопуляційна		67,9	69,4	73,5	43,3	0,94	1,73	1,88	0,85
V, %		1,92	1,35	1,87	7,44	1,96	1,35	1,91	7,41
Sx _{абс.}		0,27	0,19	0,28	0,66	0,004	0,005	0,007	0,013
HIP ₀₅		0,61	0,44	0,64	1,51	0,009	0,11	0,017	0,029
на природному зволоженні									
1	Унітро. ст.-т	63,4	60,4	51,9	--	0,88	1,51	1,33	
2	Елегія	67,0*	58,6	57,1*	--	0,93	1,46	1,46*	-
3	Приморка	63,6	56,4	54,2	--	0,88	1,41	1,39	-
4	M.g./ П.п.	63,2	59,3	59,6*	--	0,88	1,48	1,53*	-
6	L R/ Н.	64,3	62,5	56,1*	--	0,89	1,56	1,44*	-
8	А.-Н. № 114	64,4	62,0	50,7	--	0,89	1,55	1,30	-
11	Добір за к.с.	62,9	65,0*	51,2	-	0,87	1,62*	1,31	-
13	Ram. d.	60,7	62,5	47,6	-	0,84	1,56	1,22	-
15	Т/Емерауде	60,9	58,6	40,9	-	0,85	1,46	1,05	-
16	M.g. / ЦП-11	65,3*	63,5*	49,5	-	0,91	1,59*	1,27	-
17	Зимостійка/М.К.	64,9*	62,8	50,4	-	0,90	1,57	1,29	-
19	А.г. d.	63,2	61,8	61,5*	-	0,88	1,55	1,58*	-
25	Ж./ ЦП-11	64,1	63,5*	48,7	-	0,89	1,59*	1,25	-
26	Сибір. 8. d.	62,3	67,4*	45,4	-	0,86	1,69*	1,16	-
Середньопопуляційна		63,8	61,8	52,0	-	0,89	1,55	1,33	-
V, %		2,62	3,74	11,0	-	2,60	3,80	11,1	-
4									
Sx _{абс.}		0,34	0,47	1,17	-	0,005	0,012	0,03	-
HIP ₀₅		0,78	1,08	2,69	-	0,11	0,027	0,07	-

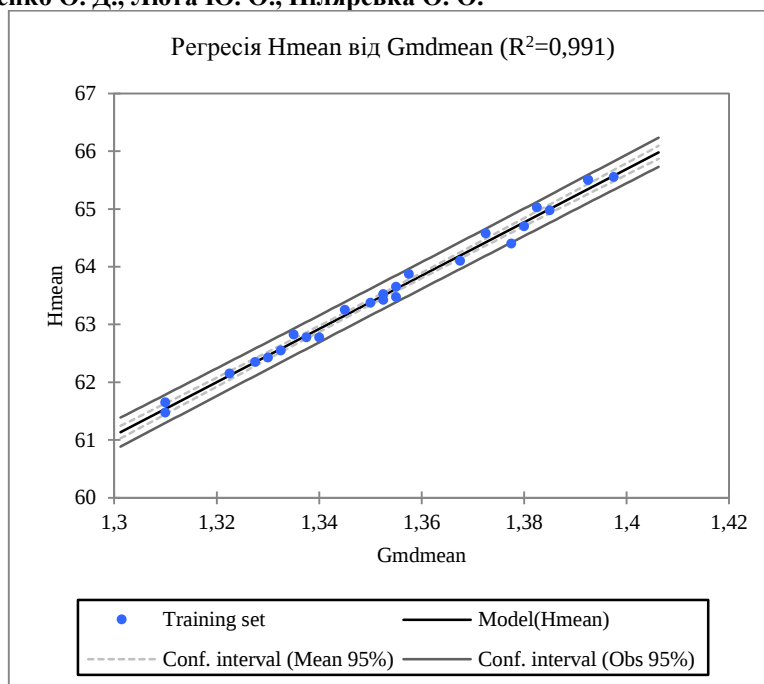


Рис. 3. Діаграма регресії залежності висоти рослин люцерни (Hmean) від середньодобового лінійного приросту (Gmdmean).

Діаграма (рис. 3) дає змогу нам візуалізувати дані, лінію регресії (встановлена модель Model (Y) та два довірчі інтервали: довірчий інтервал середнього значення прогнозу (Conf. interval (Mean 95 %)) для даного значення Gmdmean та довірчий інтервал для одного прогнозу для даного значення Gmdmean. Коефіцієнт детермінації між цими показниками становить 0,991.

Наші дослідження показали, що лінійний приріст залежить від метеорологічних умов: середньодобової температури ($r = 0,657$), кількості опадів ($r = 0,872$), довготи дня ($r = 0,943$), тривалості сонячного сяйва ($r = 0,892$), тому показники приросту в популяції люцерни розрізнялися по укосах. Найвищим лінійним приростом характеризувалися рослини у

третьому укосі, тобто у липні з коливаннями від 1,81 до 1,96 см на добу, меншими показниками приросту (1,70–1,78 см/добу) відрізнялися рослини в другому укосі за зрошення. В умовах природного зволоження другий укіс відрізнявся інтенсивним приростом із коливаннями від 1,41 до 1,69 см на добу. Окремі популяції (Елегія, М.г./П.п., L R/ Н., А.г. d.) зберегли високий приріст або поліпшили його показники і в третьому укосі. У першому укосі рослини люцерни мали слабе зростання з середньодобовим приростом 0,91–0,97 см у сприятливих умовах зрошення та з приростом 0,84–0,93 см/добу без зрошення, тобто за цією ознакою вони незначно відрізнялися. У другому укосі, порівнюючи з першим, рослини росли дуже швидко,

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

у них середньодобовий приріст коливався від 1,70 до 1,78 см (на зрошенні). Ближче до осені ріст і розвиток рослин четвертого укусу уповільнювався, відбувалося згасання цих процесів, а середньодобовий приріст склав лише 0,77–0,97 см, проте, в умовах природного зволоження рослини люцерни надземну масу не сформували (табл.3).

Висновки. Аналіз результатів проведених досліджень дає змогу

Список використаних джерел

1. Гасаненко Л. С., Филатова Е. Д. Селекция люцерны на устойчивость к частым скашиваниям в ранние фазы развития. *Селекция и семеноводство*. Киев, 1977. № 37. С.6-10.
2. Иванов А. И. Люцерна. М.: Колос, 1980. 348 с.
3. Попова Т. Н., Найдович В. А. Взаимосвязь кормовой продуктивности с высотой растений и продолжительностью периода вегетации люцерны в засушливом Поволжье. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2011. Том 15, № 4. С. 794-799.
4. Игнатъев С. А., Грязева Т. А. Результаты селекции люцерны на продуктивность. *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 4(58). С. 64-66.
5. Tucak M., Popovi S., Grljusic S., Cupic T., Kozumpik V., Simic B. Variability and relationships of important alfalfa germplasm agronomic traits. *Periodicum Biologorum*. 2008. Vol. 110, No 4. P. 311–315.
6. Шатский И. М., Иванов И. С., Переправо Н. И. и др. Селекция и семеноводство многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России. Воронеж : ОАО «Воронежская областная типография», 2016. 236 с.
7. Сагалбеков У. М., Сепекпаев Н. А., Маханова С. К. Изменчивость высоты растений сортообразцов люцерны второго года жизни их взаимосвязь с хозяйственно-ценными признаками. *Известия Нац.*
8. Володина И. А., Казарин В. Ф., Абраменко И. С. Результаты изучения селекционных образцов люцерны изменчивой (*Medicago media, varia*) в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья. *Инновационное развитие АПК в России - посвящается 140 летию со дня рождения Г. К. Мейстера*. Сб. докл. Межд. научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, 12-13 марта 2013 года. Саратов, 2013. С. 44-50.
9. Кочетов П. В. Изучение генетических растительных ресурсов люцерны в условиях орошения в Нижнем Поволжье и их энергетическая ценность: автореф. канд. с.-х. наук. Пенза, 2001. 24 с.
10. Лазарев Н. Н., Садовский А. Н., Потапов А. А. Урожайность сортов люцерны (*Medicago L.*) на дерново-подзолистой почве в Московской области. *Кормопроизводство*. 2012. Ноябрь. С. 23-24.
11. Маханова С. К. Изучение исходных материалов люцерны в условиях Северного Казахстана. 6D080100 – Агрономия. Автореферат на соискание ученой степени доктора философии (PhD) Республика Казахстан, 2015. 21 с.
12. Грязева Т. В. Селекция люцерны и эспарцета в Ростовской области: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. с.-х. н.: 06.01.05-селекция и семеноводство. 2005. 18 с.

встановити, що популяції люцерни різняться між собою за висотою, інтенсивністю росту, середньодобовим приростом, тривалістю міжукісних періодів за укусами, роками життя травостою та, які залежать від середньодобової температури, тривалості сонячного сьйва і довготи дня. Виявлені цінні генотипи з високою швидкістю лінійного приросту: сорт Елегія і популяції M.g./ П.п., L R/ Н., А.г. d. для подальшої селекційної роботи.

академии наук Республики Казахстан. 2015. №2. С. 85-89.

8. Володина И. А., Казарин В. Ф., Абраменко И. С. Результаты изучения селекционных образцов люцерны изменчивой (*Medicago media, varia*) в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья. *Инновационное развитие АПК в России - посвящается 140 летию со дня рождения Г. К. Мейстера*. Сб. докл. Межд. научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, 12-13 марта 2013 года. Саратов, 2013. С. 44-50.

9. Кочетов П. В. Изучение генетических растительных ресурсов люцерны в условиях орошения в Нижнем Поволжье и их энергетическая ценность: автореф. канд. с.-х. наук. Пенза, 2001. 24 с.

10. Лазарев Н. Н., Садовский А. Н., Потапов А. А. Урожайность сортов люцерны (*Medicago L.*) на дерново-подзолистой почве в Московской области. *Кормопроизводство*. 2012. Ноябрь. С. 23-24.

11. Маханова С. К. Изучение исходных материалов люцерны в условиях Северного Казахстана. 6D080100 – Агрономия. Автореферат на соискание ученой степени доктора философии (PhD) Республика Казахстан, 2015. 21 с.

12. Грязева Т. В. Селекция люцерны и эспарцета в Ростовской области: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. с.-х. н.: 06.01.05-селекция и семеноводство. 2005. 18 с.

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

13. Чесноков И. М. Комплексное изучение генофонда люцерны для создания продуктивных сортов в условиях Ростовской области. Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. с.-х. н.: 06.01.05-селекция и семеноводство. 2010. 23 с.

14. Nan, L., Nie, Z., Zollinger, R., & Guo, Q. Evaluation of morphological and production characteristics and nutritive value of 47 lucerne cultivars/lines in temperate Australia. *Plant Production Science*, 2019 22(4), 490-500. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2019.1608835>.

15. Popovic, S., Cupic, T., Grljusic, S., & Tucak, M. Use of variability and path analysis in determining yield and quality of alfalfa. In *Breeding and seed production for conventional and organic agriculture. Proceedings of the XXVI meeting of the EUCARPIA fodder crops and amenity grasses section, XVI meeting of the EUCARPIA Medicago spp group, Perugia, Italy, 2-7 September 2006 (pp. 95-99). European Association for Research on Plant Breeding (EUCARPIA). 2007.*

16. Robins, J. G., Bauchan, G. R., & Brummer, E. C. Genetic mapping forage yield, plant height, and regrowth at multiple harvests in tetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.). 2007 <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.07.0447>.

17. Kakaei, M., & Mazahery-Laghab, H. Study of genetic diversity, heritability and the correlation of different traits in alfalfa (*Medicago sativa* L.) related to alfalfa weevil (*Hypera postica* Gyll.) damage in alfalfa germplasm. *Journal of Plant Genetic Researches*, 2015. 2(1), 63-76. <https://doi.org/10.29252/pgr.2.1.63>

References

1. Gasanenko, L. S., Filatova, Ye. D. (1977). Seleksiya lyutserny na ustoychivost' k chastym skashivaniyam v ranniye fazy razvitiya [Breeding of alfalfa for resistance to frequent mowing in the early stages of development]. *Selection and seed production*. 37. 6-10.

2. Ivanov, A. I. *Lyutserna [Alfalfa]*. M.: Kolos. 1980. 348.

3. Popova, T. N., Naydovich, V. A. (2011). Vzaimosvyaz' kormovoy produktivnosti s vysotoy rasteniy i

prodolzhitel'nost'yu perioda vegetatsii lyutserny v zasushlivom Povolzh'ye [The relationship of forage productivity with plant height and duration of the growing season of alfalfa in the arid Volga region]. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 15. 4, 794-799.

4. Ignat'yev, S. A., Gryazeva, T. A. (2018). Rezul'taty selektsii lyutserny na produktivnost' [Results of alfalfa breeding for productivity]. *Grain farming in Russia*, 4(58), 64-66.

5. Tucak, M., Popovi, S., Grljusic, S., Cupic, T., Kozumpik, V., Simic, B. (2008). Variability and relationships of important alfalfa germplasm agronomic traits. *Periodicum Biologorum*. Vol. 110, No 4. P. 311-315.

6. Shatskiy, I. M., Ivanov, I. S., Perepravo, N. I. et al. (2016). Seleksiya i semenovodstvo mnogoletnikh trav v Tsentral'no-Chernozemnom regione Rossii [Selection and seed production of perennial grasses in the Central Black Earth region of Russia]. *Voronezh: OAO «Voronezhskaya oblastnaya tipografiya»*, 236.

7. Sagalbekov, U. M., Sepekpayev, N. A., Makhanova, S. K. (2015). Izmenchivost' vysoty rasteniy sortobraztsov lyutserny vtorogo goda zhizni ikh vzaimosvyaz' s khozyaystvenno-tsennymi priznakami [Variability of plant height of alfalfa cultivars in the second year of life, their relationship with economically valuable traits. *Izvestia Nat. Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*]. 2, 85-89.

8. Volodina, I. A., Kazarin, V. F., Abramenko, I. S. (2013). The results of the study of breeding samples of alfalfa (*Medicago media, varia*) in the conditions of the south of the forest-steppe of the Middle Volga region. *Innovative development of the agro-industrial complex in Russia - dedicated to the 140th anniversary of the birth of G.K. Meister. Sat. report Int. scientific-practical conference of young scientists and specialists, March 12-13. Saratov*, 44-50.

9. Kochetov, P. V. (2001). Izucheniye geneticheskikh rastitel'nykh resursov lyutserny v usloviyakh orosheniya v Nizhnem Povolzh'ye i ikh energeticheskaya tsennost' [Study of genetic plant resources of alfalfa under

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

irrigation conditions in the Lower Volga region and their energy value]. 24.

10. Lazarev, N. N., Sadovskiy, A. N., Potapov, A. A. (2012). Urozhaynost' sortov lyutserny (Medicago L.) na dernovo-podzolistoy pochve v Moskovskoy oblasti [Productivity of alfalfa varieties (Medicago L.) on sod-podzolic soil in the Moscow region]. Feed production, 23-24.

11. Makhanova, S. K. (2015). Izucheniye iskhodnykh materialov lyutserny v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Study of alfalfa source materials in the conditions of Northern Kazakhstan]. 21.

12. Gryazeva, T. V. (2005). Seleksiya lyutserny i espartseta v Rostovskoy oblasti [Breeding of alfalfa and sainfoin in the Rostov region]. 18.

13. Chesnokov, I. M. (2010). Kompleksnoye izucheniye genofonda lyutserny dlya sozdaniya produktivnykh sortov v usloviyakh Rostovskoy oblasti [Comprehensive study of the gene pool of alfalfa for the creation of productive varieties in the conditions of the Rostov region]. 23.

14. Nan, L., Nie, Z., Zollinger, R., & Guo, Q. (2019). Evaluation of morphological and production characteristics and nutritive value of 47 lucerne cultivars/lines in temperate Australia. Plant Production Science, 22(4),

490-500.

<https://doi.org/10.1080/1343943X.2019.1608835>.

15. Popovic, S., Cupic, T., Grljusic, S., & Tucak, M. (2007). Use of variability and path analysis in determining yield and quality of alfalfa. In Breeding and seed production for conventional and organic agriculture. Proceedings of the XXVI meeting of the EUCARPIA fodder crops and amenity grasses section, XVI meeting of the EUCARPIA Medicago spp group, Perugia, Italy, 2-7 September 2006 (pp. 95-99). European Association for Research on Plant Breeding (EUCARPIA).

16. Robins, J. G., Bauchan, G. R., & Brummer, E. C. (2007). Genetic mapping forage yield, plant height, and regrowth at multiple harvests in tetraploid alfalfa (Medicago sativa L.). <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.07.0447>.

17. Kakaei, M., & Mazahery-Laghab, H. (2015). Study of genetic diversity, heritability and the correlation of different traits in alfalfa (Medicago sativa L.) related to alfalfa weevil (Hypera postica Gyll.) damage in alfalfa germplasm. Journal of Plant Genetic Researches, 2(1), 63-76. <https://doi.org/10.29252/pgr.2.1.63>

FEATURES OF ALFALFA POPULATION DEVELOPMENT UNDER DIFFERENT GROWING CONDITIONS

A. Tyshchenko, O. Tyshchenko, Y. Lyuta, O. Piliarska

Abstract. Purpose. To evaluate the genotypes of alfalfa feed direction under different conditions of moisture and to identify genotypes that would consistently reproduce a high level of economically valuable traits to create new breeding populations.

Methods. The research was conducted at the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS during 2017–2020 years in the field for fodder use on two backgrounds of moisture: drip irrigation and natural moisture. In the year of sowing 1–3 slopes and 3–4 for the second year of life were carried out by grassland depending on meteorological conditions of the year, genotype, growing conditions. The subject of research were Unitro and Elegy varieties, root system power selections from samples taken in the Askania-Nova Reserve, Rambler, Abayska multi-colored, Siberian 8 and F₃–F₅ hybrid populations. **Results.** Studies have shown that the characteristics of 'plant height' and 'duration of inter-period periods' are quite variable, they are subject to fluctuations in years of use of grass, slopes and depend on genetic and biological

characteristics of alfalfa populations and meteorological conditions. Alfalfa populations differed in the duration of interspecific periods, height and growth intensity in terms of average daily growth depending on the slope and the year of life of the grassland. The duration of inter-period periods, the onset of oblique ripeness of alfalfa depended on the average daily temperature, the duration of sunshine and the length of the day. The calculated correlation coefficients show that the duration of the inter-period periods is strongly inversely related to the average daily temperature ($r = -0.93$) and weakly dependent on the day length ($r = 0.14$) and the duration of sunshine for 1 day ($r = -0.18$), closer to autumn, they decrease, so with each cut the duration of inter-period periods decreases. The longest was the period of germination-beginning of flowering and was 65 days. This is due to the conditions of this period - low average daily temperature (19.2°C), although the duration of sunshine was high and was 751.8 hours, but for the day the sun shone only 11.7 hours. The shortest period was regrowth-beginning of flowering (second slope) and was 43 days at a high average daily temperature (25.7°C) and a long period of sunshine 12.1 hours per day. In the third mowing, the duration of the regrowth period - the last mowing (beginning of budding) was 55 days, but the plants did not reach the mowing maturity, as it was time for the last mowing before the grass enters the winter. During this period, the average daily temperature drops to 19.9°C , day length to 13:32 hours, the duration of sunshine to 9.2 hours per day. The height of plants on the slopes largely depended on meteorological conditions and was maximum in the second slope, reaching 61.3–67.7 cm. The lowest indicators of the trait were characterized by populations in the first slope with fluctuations from 51.4 to 56.6 cm and the third – 32.9–39.7 cm under irrigation. Under conditions of natural moisture, alfalfa plants were significantly inferior in height with fluctuations of 41.1–48.1 cm in the first slope and high variability from 18.4 to 29.8 cm in the second, with coefficients of variation on slopes $V = 4.0$ and 10.5 , respectively. The largest linear increase in height in the first year of life was characterized by plants in the second slope with an index of 1.43–1.60 cm/day under irrigation. The average daily increase in the first and third slopes was much lower and was respectively 0.79–0.87 cm and 0.62–0.72 cm under irrigation and 0.63–0.74 cm and 0.43–0.63 cm in the first and second slopes in conditions of natural moisture. Alfalfa populations did not differ in the length of inter-period periods during the growing season, and they differed mainly in the years of life of grasses. In the grassland of the second year, this difference was observed depending on the slope and meteorological conditions of the year. Thus, in the second year of life with grass from the first slope to the fourth there was an acceleration of the onset of the beginning of flowering phase (oblique maturity). In the first slope it occurred on the 72-nd day, the second – on the 40-th, the third – on the 39-th and the fourth – on the 51-st day. This occurred with a gradual increase in average daily temperature from 12.4°C in the first slope to 23.3°C in the third and its decrease to 21.3°C in the fourth slope. In the change in the duration of sunshine, the same pattern is observed: decrease, then a gradual increase with the following decrease: 8.6–10.5–11.1–9.6 hours/day, respectively. The length of the intercostal periods, similar to the first year of life with grass, was inversely related to the average daily temperature ($r = -0.982$), rainfall ($r = -0.644$), day length ($r = -0.666$) and the duration of sunshine in one day ($r = -0.961$) and the

Тищенко А. В., Тищенко О. Д., Люта Ю. О., Пілярська О. О.

height of plants which largely depended on meteorological conditions, day length ($r = 0.778$) and precipitation ($r = 0.695$). Under irrigation conditions, it varied in different populations on slopes from 64.0 to 70.0 cm in the first slope, 68.1–71.4 cm in the second, and acquired a maximum value of 70.6–76.4 cm in the third slope. Subsequently (the fourth slope) the growth of plants slowed down and their height was in the range of 38.7–49.7 cm. 40.9–61.5 cm) from slope to slope and only in some genotypes (Elegy, M.g./P.p., L R/H., A.r.d) in the second slope they remain high. A high positive relationship between the average daily linear growth and plant height ($r = 0.991$). The highest linear growth was characterized by plants in the third slope, ie in July with fluctuations from 1.81 to 1.96 cm per day, smaller growth rates (1.70-1.78 cm / day) differed plants in the second slope under irrigation. Under conditions of natural moisture, the second slope was characterized by intense growth with fluctuations from 1.41 to 1.69 cm per day. Individual populations (Elegy, M.g./ P.P., L R / H., A.r. d.) Maintained high growth or improved its performance in the third slope. In the first slope, alfalfa plants had weak growth with an average daily increase of 0.91-0.97 cm in favorable irrigation conditions and with an increase of 0.84-0.93 cm / day without irrigation, ie they differed slightly on this basis. In the second slope, compared with the first, the plants grew very quickly, their average daily gain ranged from 1.70 to 1.78 cm (under irrigation). Closer to autumn, the growth and development of plants of the fourth slope slowed down, these processes faded, and the average daily gain was only 0.77–0.97 cm, however, in the conditions of natural moisture alfalfa plants did not form an aboveground mass.

Conclusions. Analysis of the results of the research revealed that alfalfa populations differ in height, growth intensity, average daily growth, duration of intermowing periods on slopes, years of grass life and which depend on average daily temperature, duration of sunshine and day length. Valuable genotypes with high rate of linear growth were identified: Elegy variety and populations of M.g./P.p., L R/H., A.r.d. for further selection work.

Key words: alfalfa, genotype, plant height, average daily gain, duration of intercostal periods, drip irrigation, natural moisturizing, feed purposes

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ НА РОЗВИТОК КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ТА СИМБІОТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕСПАРЦЕТУ

Г. І. ДЕМИДАСЬ, доктор сільськогосподарських наук, професор

І. В. СВИСТУНОВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Е. С. ЛИХОШЕРСТ, аспірант*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: demydas@nubip.edu.ua

<https://doi.org/dopovidi2021.04.008>

Анотація. Вагомим чинником інтенсифікації галузі кормовиробництва є вирощування багаторічних бобових трав, у тому числі, еспарцету. Метою досліджень було визначити вплив мінеральних добрив та інокуляції насіння на формування кореневої системи та симбіотичну продуктивність різних сортів еспарцету, вирощуючи його на зелений корм. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2016-2018 рр. на дослідному полі кафедри кормовиробництва, меліорації й метеорології, що розташоване у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» на чорноземі типовому малогумусному. За результатами проведених досліджень встановлено, що в середньому за три роки найбільшу кореневу масу – на рівні 52,7 т/га формував сорт еспарцету Аметист донецький за умови внесення повного мінерального добрива у нормі $N_{45}P_{60}K_{90}$ та проведення передпосівної інокуляції насіння препаратом ризоторфін. У рослин цього ж варіанту був відмічений і найбільш розвинений симбіотичний апарат – у фазі цвітіння загальна кількість бульбочок становила 126 шт./рослину, а їхня маса – 3,444 г/рослину. У наслідок формування потужної кореневої системи рослин та добре розвинуеного симбіотичного апарату кількість біологічно фіксованого азоту під посівами еспарцету сорту Аметист донецький досягала 143 кг/га.

Ключові слова: еспарцет, сорт, маса коренів, кількість та маса кореневих бульбочок, симбіотичний азот

Актуальність. На сучасному етапі розвитку сільського господарства України важливим його завданням є збереження та підвищення родючості ґрунтів, відновлення галузі тваринництва й нарощування виробництва високобілкових кормів. Поміж

чинників ефективного вирішення зазначених проблем, безперечно, чільне місце належить багаторічним бобовим травам, які займають, у кормовому балансі, половину від загальної потреби сільськогосподарських тварин у рослинних кормах, а їх вирощування

* Науковий керівник – доктор с.-г. наук, професор Демидась Г. І.

Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С. сприяє зниженню енергоємності вирощених кормів, витрат на азотні добрива та антропогенне навантаження на агроєкосистеми [1, 5, 9, 11, 13].

До найбільш продуктивних багаторічних бобових культур, що характеризуються високим вмістом протеїну, належить еспарцет, зелена маса якого містить в 1 кг 65 мг каротину, до 60 г/кг цукру, до 228 мг/кг вітаміну С, 106 г перетравного протеїну та під час згодовування тваринам він не спричиняє тимпанії. Забезпеченість однієї кормової одиниці перетравним протеїном становить близько 196 г [10, 12].

Після дворічного використання посіву еспарцету в ґрунті з поживними рештками та кореневою системою залишається 63,4-84,6 кг/га азоту та 19,7-26,1 кг/га фосфору. Загальна кількість азоту, нагромадженого еспарцетом у ґрунті після трирічного використання досягає 140-200 кг/га, завдяки чому він слугує добрим попередником для більшості культур, особливо для пшениці озимої. Важливою перевагою еспарцету є також те, що на відміну від більшості інших кормових трав він не утворює падалиці, запобігає розвитку ерозійних процесів та придатний для вирощування на малородючих ґрунтах і схилах балок [2, 4, 6].

Не зважаючи на значні переваги еспарцету площі під його посівами залишаються незначними, що

насамперед обумовлено відсутністю відпрацьованої науково-обґрунтованої зональної технології його вирощування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування високопродуктивних травостоїв еспарцету в значні мірі обумовлюється розвитком його кореневої системи та симбіотичною продуктивністю [7].

До появи сходів корінець еспарцету росте за рахунок запасу поживних речовин насінини. З появою сходів і початком асиміляції сім'ядольними листочками ріст корінця пришвидшується, внаслідок чого через місяць після сівби він проникає на глибину до 30 см, через 2 місяці – до 100 см, а на другий і третій роки життя корені еспарцету досягають глибини 2-3 м, водночас частина верхніх дрібних кореневих розгалужень до цього часу відмирає [8].

Розвиток підземних органів має важливе значення не лише для перебігу біологічних процесів у рослині, але й істотно впливає на структуру й родючість ґрунту. У зв'язку з цим, вивчення розвитку і формування кореневої системи еспарцету та їх його симбіотичної продуктивності під впливом технологічних заходів вирощування набуває особливої актуальності.

Метою досліджень було вивчити особливості формування кореневої маси рослин еспарцету

Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С. залежно від елементів технології вирощування в умовах Лісостепу правобережного.

Матеріали і методи досліджень. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2016-2018 рр. на дослідному полі кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології, що розташоване у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція». Схема досліду включала наступні чинники: чинник А – сорти еспарцету: Аметист донецький, Адам, Смарагд; чинник Б – удобрення, інокуляція: 1) без добрив, 2) $N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція насіння, 3) $P_{60}K_{90}$ + інокуляція насіння. В якості азотного добрива використовували аміачну селітру 34 %, фосфорного – суперфосфат простий 19 %, калійного – калійну сіль 56 %. Спосіб сівби – рядковий, весняний безпокровний. Інокуляцію проводили

препаратом ризоторфін. Повторність – чотирьохразова, площа посівної ділянки – 80 м², облікової – 50 м².

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний. Вміст гумусу (за Тюрніним) в орному шарі становить 4,4 %, рН сольової витяжки – 6,8-7,3, легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом) – 106-114 мг/кг, рухомого фосфору (за Мачигініним) – 62-65 мг/кг і обмінного калію (за Чиріковим) – 89-106 мг/кг; щільність ґрунту у рівноважному стані – 1,16-1,25 г/см³; вологість стійкого в'янення – 10,8 %.

Результати дослідження та їх обговорення. За результатами проведених досліджень встановлено, що наростання маси кореневої системи еспарцету на всіх варіантах досліду відбувалось до настання фази цвітіння (табл. 1).

1. Вплив досліджуваних чинників на накопичення сухої кореневої маси еспарцету в шарі ґрунту 0-50 см, т/га, середнє за 2016-2018 рр.

Сорт	Удобрення	Фаза росту і розвитку рослин		
		гілкування	бутонізація	цвітіння
Аметист донецький	без добрив	16,1	22,7	40,1
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	28,7	35,6	52,7
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	24,0	30,4	46,5
Адам	без добрив	15,1	21,3	35,7
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	28,0	34,7	49,6
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	23,8	29,2	45,0
Смарагд	без добрив	15,8	19,5	29,2
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	29,2	32,3	44,2
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	23,7	28,0	36,5
	HP_{05}	0,34	0,29	0,24

Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С.

Поміж сортів еспарцету найбільшу кореневу масу формував сорт Аметист донецький – 40,1-52,7 т/га, залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції. Сорт Смарагд відзначався найменш розвиненою кореневою системою – 29,2-44,2 т/га. Внесення N_{45} на фоні $P_{60}K_{90}$ забезпечило додатковий приріст кореневої маси у рослин сорту Аметист донецький на 13,3 %, Адам – на 10,2 і Смарагд – на 11 %, щодо контролю, що позитивно впливало на формування надземної вегетативної маси.

Бобові культури, у тому числі й еспарцет, як правило, вступають у

симбіотичну взаємодію з бульбочковими бактеріями, особливістю яких є здатність фіксувати азот атмосфери. Причому, на симбіотичну продуктивність впливає не лише ефективність взаємодії генотипів рослини-господаря та симбіотичного мікроорганізму в певних екологічних умовах, але й агротехнічні заходи, у тому числі мінеральні добрива, особливо азотні [3].

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що кількість бульбочок досягала свого максимуму у фазі цвітіння (табл. 2).

2. Кількість бульбочок на коренях еспарцету залежно від елементів технології вирощування, шт./рослину, середнє за 2016-2018 рр.

Сорт	Удобрення	Фаза росту і розвитку еспарцету							
		гілкування		бутонізація		цвітіння		плодоутворення	
		загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна
Аметист донецький	без добрив	13	8	123	117	126	122	48	36
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	19	18	159	156	164	160	56	47
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	15	14	132	124	133	130	50	39
Адам	без добрив	12	7	117	112	119	117	43	32
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	16	14	154	152	157	151	53	45
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	13	11	147	144	145	137	49	39
Смарагд	без добрив	12	8	116	112	123	120	45	35
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	17	16	149	145	155	153	54	45
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	14	13	131	128	133	130	49	43

У середньому за три роки на рослинах еспарцету сорту Аметист донецький, загальна кількість бульбочок на контрольних варіантах

у фазі гілкування становила 13 шт./рослину, у фазі цвітіння – 126 шт./рослину, на рослинах сорту Адам, відповідно, 12 та 119 шт./рослину,

Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С.
Смарагд – 12 та 123 шт./рослину. За внесення повного мінерального добрива значення цих показників значно зростали та становили – у сорту Аметист донецький, відповідно, 19 та 166 шт./рослину, у сорту Адам – 16 та 157 шт./рослину, у сорту Смарагд – 17 та 155 шт./рослину. На варіантах із внесенням лише фосфорно-калійних добрив кількість бульбочок на коренях рослин еспарцету займала проміжні значення та становила, відповідно, 15 та 133, 13 та 145, та 14 та 133 шт./рослину.

Аналізуючи отримані значення, слід відмітити, що кількість бульбочок на коренях рослин еспарцету в більшій мірі обумовлювалась нормою мінеральних добрив та інокуляцією й

мало залежала від сортових особливостей еспарцету.

Важливе значення має визначення не лише кількості бульбочок на коренях еспарцету, але й їх маси (табл. 3). Визначено, що наростання маси бульбочок на одній рослині відбувалось до настання фази цвітіння, після чого відмічалось зниження значень даного показника. Так, на коренях рослин еспарцету сорту Аметист донецький у фазі гілкування маса кореневих бульбочок на неудобреному варіанті складала 0,221 г/рослину, у фазі цвітіння – 2,646 г/рослину, у фазі плодоутворення – 0,720 г/рослину. У рослин сорту Адам – 0,204, 2,506 та 0,650 г/рослину, у сорту Смарагд – відповідно 0,198, 2,583 та 0,670 г/рослину,.

3. Маса бульбочок на коренях еспарцету залежно від елементів технології вирощування, г/рослину, середнє за 2016-2018 рр.

Сорт	Удобренья	Фаза росту і розвитку еспарцету							
		гілкування		бутонізація		цвітіння		плодоутворення	
		загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна
Аметист донецький	без добрив	0,221	0,136	2,337	2,223	2,646	2,562	0,720	0,540
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + інокуляція	0,323	0,306	3,021	2,943	3,444	3,360	0,840	0,705
	P ₆₀ K ₉₀ + інокуляція	0,255	0,238	2,508	2,356	2,793	2,772	0,750	0,585
Адам	без добрив	0,204	0,124	2,216	2,134	2,506	2,457	0,650	0,480
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + інокуляція	0,272	0,243	2,938	2,894	3,290	2,954	0,795	0,675
	P ₆₀ K ₉₀ + інокуляція	0,232	0,181	2,805	2,736	3,059	2,877	0,730	0,580
Смарагд	без добрив	0,198	0,147	2,622	2,121	2,583	2,527	0,670	0,530
	N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + інокуляція	0,278	0,278	2,825	2,761	3,269	3,206	0,805	0,685
	P ₆₀ K ₉₀ + інокуляція	0,243	0,221	2,501	2,432	2,793	2,730	0,740	0,655

Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С.

Внесення мінеральних добрив позитивно впливало на збільшення маси бульбочок. Найбільш істотне зростання значень даного показника було відмічене за внесення $P_{60}K_{90}N_{45}$, в результаті чого приріст маси бульбочок на коренях рослин еспарцету у фазі цвітіння склав у сорту Аметист донецький 23,3 %,

сорту Адам – 8,3 % і Смарагд – 16,5 %, відносно контролю.

На основі проведених досліджень, виявлено, що зі збільшенням кількості та маси бульбочок на коренях рослин еспарцету зростала й симбіотична продуктивність (табл. 4).

4. Кількість фіксованого азоту рослинами еспарцету у фазі цвітіння залежно від технологічних заходів вирощування, кг/га

Сорт	Удобрення	Рік			Середнє
		2016	2017	2018	
Аметист донецький	без добрив	97	102	115	105
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	129	142	157	143
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	110	125	142	126
Адам	без добрив	68	92	113	91
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	103	121	146	123
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	89	113	134	112
Смарагд	без добрив	60	93	97	83
	$N_{45}P_{60}K_{90}$ + інокуляція	91	124	139	118
	$P_{60}K_{90}$ + інокуляція	77	109	122	103
НІР ₀₅		4,1	3,9	4,3	-

Визначено, що найбільше атмосферного азоту накопичують посіви еспарцету сорту Аметист донецький – 105-143 кг/га, тоді як посіви сорту Адам – 83-118 кг/га, що менше майже на 21-26%. За рівнем накопичення симбіотичного азоту сорт Адам займав проміжне положення.

На рівень накопичення біологічного азоту значно впливали гідротермічні особливості впродовж росту та розвитку рослин еспарцету. Так, у перший рік вегетації рослини накопичували найменшу кількість біологічного азоту – сорт Аметист донецький – 97-129 кг/га, Адам – 68-

103 та Смарагд – 60-91 кг/га. На другий рік вирощування еспарцету (2017 р.) ці значення зросли, відповідно, до 102-142, 92-121 і 93-124 кг/га. Найбільше симбіотичного азоту накопичувалося за третій рік вирощування – відповідно, 115-157, 113-146 і 97-139 кг/га.

Внесення мінеральних добрив позитивно впливало на накопичення біологічного азоту, що, очевидно, пов'язано з більш потужним розвитком кореневої маси. Так, на посівах сорту Аметист донецький за внесення лише фосфорно-калійного добрива рівень симбіотично фіксованого азоту зростав на 20 %,

Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С. щодо контролю, тоді як за внесення повного мінерального добрива в нормі $N_{45}P_{60}K_{90}$ – на 36 %. Подібну залежність у накопиченні кількості симбіотичного азоту від внесення мінеральних добрив та інокуляції спостерігали й на посівах інших сортів еспарцету.

Висновки і перспективи. За весь період росту й розвитку найбільшу кореневу масу – на рівні 52,7 т/га формували рослини еспарцету сорту Аметист донецький за внесення повного мінерального

Список використаних джерел

1. Варламова К. А., Приходько Є. А., Приходько Ю. А. Модель польового кормовиробництва з залученням нетрадиційних кормових культур. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 6. С. 77–80.
2. Голобородько С. П., Сахно Г. В. Еспарцет: науковий огляд. Херсон: Атлант, 2013. 216 с.
3. Егорова Г. С., Лемякина П. М. Симбиотическая фиксация азота в посевах люцерны. *Кормопроизводство*. 2003. № 1. С. 23–25.
4. Квітко Г.П., Поліщук І. С., Мазур В. А., Протопіш І. Г., Корнійчук О. В., Гетман Н. Я., Демидась Г. І. Багаторічні трави як фактор стабільного розвитку землеробства України. *Землеробство*. 2013. Вип. 85. С. 63–71.
5. Посыпанов Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка. Москва: изд-во ТСХА, 1993. 272 с.
6. Тарасенко О. А. Ефективність вирощування еспарцету першого року життя залежно від способу сівби та норми висіву насіння. *Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН*. 2007. № 30. С. 112–114.
7. Чапляк С., Подлесный М. Эспарцет: малозатратен и засухоустойчив. *Зерно*. Днепропетровск, 2014. С.
8. Яценко Я. Л. Еспарцет. Багаторічні трави. Київ. Урожай, 1972. С. 119–149.

добрива у нормі $N_{45}P_{60}K_{90}$ та проведенні інокуляції насіння препаратом ризоторфін. На кореневій системі рослин цього ж варіанту було відмічено і найбільш розвинений симбіотичний апарат – загальна кількість бульбочок у фазі цвітіння становила 126 шт./рослину, а їх маса – 3,444 г/рослину. У результаті формування потужної кореневої системи рослин та добре розвиненого симбіотичного апарату кількість біологічно фіксованого азоту досягала 143 кг/га.

9. Huyen N., Desrues O., Alferink S., Zandstra T., Verstegen, Hendriks M., Pellikaan W. Inclusion of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations affects nutrient digestibility, nitrogen utilization, energy balance, and methane emissions. *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, Issue 5. P. 3566–3577.

10. Kaplan, M. Determination of potential nutritive value of sainfoin (*Onobrychis sativa*) hays harvested at flowering stage. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2011 Vol.10. No.15 P.2028-2031.

11. Kells A. Sainfoin: an alternative forage crop for bees. *Bee World*. 2001. Vol. 82, Issue 4. P. 192-194.

12. Scharenberg A., Kreuzer M., Dohme F. Suitability of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) hay as a supplement to fresh grass in dairy cows. *Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 2009. Vol. 22. P. 1005-1015.

13. Simonnet, X. Cultivation of fodder plant sainfoin. *Forum Kleinwiederkäuer. Petits Ruminants*. 2012. Vol. 5. P. 6-8.

References

1. Varlamova K. A., Prykhodko Ye. A., Prykhodko Yu. A. (2000). Model polovoho kormovyrobnytstva z zaluchenniam netradytsiinykh kormovykh kultur [Model of field fodder production with the involvement of non-traditional fodder crops]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. №6. P. 77–80.

Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С.

2. Holoborodko S. P., Sakhno H. V. (2013). Espartset: naukovyi ohliad [Sainfoin: a scientific review]. Kherson. Atlant. 216.

3. Ehorova H. S., Lemiakyna P. M. (2003). Symbyotycheskaia fyksatsiya azota v posevakh liutserny [Symbiotic nitrogen fixation in alfalfa crops]. Kormoproyzvodstvo. № 1. P. 23–25.

4. Kvitko H.P., Polishchuk I. S., Mazur V. A., Protopish I. H., Korniiichuk O. V., Hetman N. Ya., Demydas H. I. (2013). Bahatorichni travy yak faktor stabilnoho rozvytku zemlerobstva Ukrainy [Perennial grasses as a factor of stable development of agriculture in Ukraine]. Zemlerobstvo. Vyp. 85. P. 63–71.

5. Posipanov H. S. (1993). Biologicheskii azot. Problemy ekologii y rastitelnoho belka. [Biological nitrogen. Problems of ecology and vegetable protein] Moskva : yzd-vo TSKhA, 272

6. Tarasenko O. A. (2007). Efektyvnist vyroshchuvannya espartsetu pershoho roku zhyttia zalezno vid sposobu sivby ta normy vysivu nasinnia [The efficiency of growing sainfoin in the first year of life, depending on the method of sowing and seeding rate]. Biul. In-tu zern. hosp-va UAAN. № 30. P. 112–114.

7. Chapliak S., Podlesnyi M. (2014). Espartset: malozatraten y zasukhoustoichyv

[Sainfoin: low-cost and drought-resistant]. Zerno. Dnepropetrovsk, P. 117–123.

8. Yatsenko Ya. L. (1972). Espartset. Bahatorichni travy [Sainfoin. Perennial herbs]. Kyiv : Urozhai, P. 119–149.

9. Huyen N., Desrues O., Alferink S., Zandstra T., Verstegen, Hendriks M., Pellikaan W. (2016). Inclusion of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations affects nutrient digestibility, nitrogen utilization, energy balance, and methane emissions. Journal of Dairy Science. Vol. 99, Issue 5. P. 3566–3577.

10. Kaplan, M. (2011). Determination of potential nutritive value of sainfoin (*Onobrychis sativa*) hays harvested at flowering stage. Journal of Animal and Veterinary Advances. Vol.10. No.15 P.2028–2031.

11. Kells A. (2001). Sainfoin: an alternative forage crop for bees. Bee World. Vol. 82, Issue 4. P. 192–194.

12. Scharenberg A., Kreuzer M., Dohme F. (2009). Suitability of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) hay as a supplement to fresh grass in dairy cows. Asian-australas. J. Anim. Sci., Vol. 22. P. 1005–1015.

13. Simonnet, X. (2012). Cultivation of fodder plant sainfoin. Forum Kleinwiederkäuer. Petits Ruminants Vol. 5. P. 6–8.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВЫРАЩИВАНИЯ НА РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ И СИМБИОТИЧЕСКУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭСПАРЦЕТА

Г. И. Демидась, Э. С. Лихошерст, И. В. Свистунова

Аннотация. Весомым фактором интенсификации отрасли кормопроизводства является выращивание многолетних бобовых трав, в том числе, эспарцета. Целью исследований было определить влияние минеральных удобрений и инокуляции семян на формирование корневой системы и симбиотическую производительность различных сортов эспарцета, при выращивании его на зеленый корм. Экспериментальные исследования проводили в течение 2016–2018 гг. на опытном поле кафедры кормопроизводства, мелиорации и метеорологии, расположенного в ОП НУБиП Украины «Агрономическая опытная станция» на черноземе типичном малогумусном. По результатам проведенных исследований установлено, что в среднем за три года наибольшую корневую массу – на уровне 52,7 т/га формировал сорт эспарцета Аметист донецкий при условии внесения полного минерального удобрения в

Демидась Г. І., Свистунова І. В., Лихошерст Е. С.

норме $N_{45}P_{60}K_{90}$ и проведения предпосевной инокуляции семян препаратом ризоторфин. У растений этого же варианта был отмечен и самый развитый симбиотическую аппарат – в фазе цветения общее количество клубеньков составляла 126 шт./растение, а их масса – 3,444 г/растение. В результате формирования мощной корневой системы растений и хорошо развитого симбиотического аппарата количество биологически фиксированного азота под посевами эспарцета сорта Аметист донецкий достигало 143 кг/га.

Ключевые слова: эспарцет, сорт, масса корней, количество и масса корневых клубеньков, симбиотический азот

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL MEASURES OF GROWING ON THE ROOT SYSTEM DEVELOPMENT AND SYMBIOTIC PRODUCTIVITY OF SAINFOIN

G. I. Demydas, I. V. Svystunova, E. S. Lyhoshorst

Abstract. An important factor in the feed industry intensification is the cultivation of perennial legumes, including sainfoin. The aim of the study was to determine the effect of mineral fertilizers and seed inoculation on the formation of the root system and the symbiotic productivity of different varieties of sainfoin grown on green fodder. Experimental studies were conducted during 2016-2018 on the research field of Forage Production, Land Reclamation and Meteorology Department, located at the NULES of Ukraine "Agronomic Research Station" on typical low-humus chernozem. According to the results of the research, it was established that on average in three years the biggest root mass - at the level of 52.7 t/ha was formed by sainfoin variety Amethyst Donetskyyi with providing complete mineral fertilizer in the dose $N_{45}P_{60}K_{90}$ and presowing seeds inoculation by Rhizotorphin. In plants of the same variant, the most developed symbiotic apparatus was also noted - in the flowering phase, the total number of tubers was 126 units/plant, and their weight was 3.444 g/plant. As a result of a strong root system of plants formation and a well-developed symbiotic apparatus, the amount of biologically fixed nitrogen under crops of sainfoin of variety Amethyst Donetskyyi reached 143 kg/ha.

Keywords: sainfoin, variety, root mass, number and mass of root nodules, symbiotic nitrogen

ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЯНИХ ЛУЧИХ ТРАВСТОЇВ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Л. М. БУРКО, кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач

<https://orcid.org/0000-0003-0638-0481>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: Lesya1900@i.ua

І. В. СВИСТУНОВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-8922-1261>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: irinasv@ukr.net

С.П. ПОЛТОРЕЦЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-3334-0880>

Уманський національний університет садівництва

E-mail: poltorec@gmail.com

Т. І. ПРОРОЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0002-5337-8459>

E-mail: prorochenko1992@gmail.com

<https://doi.org/dopovidi2021.04.009>

Анотація. Наведено результати досліджень щодо впливу видового складу травосумішок, рівня удобрення та стимулятора росту Фумар на продуктивність сіяних лучних травостоїв на чорноземах типових малогумусних Лісостепу правобережного

Експериментальна частина роботи виконана в наукових лабораторіях кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології у виробничому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція». Територія дослідної станції розташована у Правобережному Лісостепу і входить до складу Білоцерківського агрогрунтового району. Дослідні ділянки було закладено на чорноземах типових малогумусних великопилюватих легкосуглинкових за механічним складом, які характеризуються високим вмістом валових і рухомих форм поживних речовин. Клімат регіону характеризується нестійким зволоженням та помірним температурним режимом. Середня річна температура повітря складає 6-8°C. Річна сума опадів досягає 562 мм, за вегетаційний період – 354-394 мм (63-70 % від річної норми), які упродовж року випадають нерівномірно.

У середньому за перші три роки користування найвпливовішим чинником за виходом з 1 га сухої маси є чинник травостій із часткою участі 60 %. Частка чиннику удобрення становить 40 %.

Включення до бобово-злакових травосумішей люцерни посівної, а також використання на кормові цілі одновидового її посіву порівняно із злаковим

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

травостоем на фонах без внесення мінерального азоту в середньому за перші три роки користування підвищує продуктивність сіяних травостойів від 5,12–5,54 до 10,44–10,78 т/га сухої маси, від 3,74–4,10 до 8,06–8,68 т/га кормових одиниць, від 0,57–0,66 до 1,70 1,96 сирого протеїну і від 38,9–42,7 до 82,4–91,3 ГДж/га обмінної енергії або в 1,8–3,0 раза, тоді як на фонах із внесенням N_{60} – відповідно від 7,28–7,59 до 9,42–9,71 т/га, від 5,73–5,93 до 8,27–9,22 т/га, від 1,13–1,21 до 1,89–2,29 т/га і від 59,6–61,7 до 89,4–98,2 ГДж/га, або лише в 1,4–1,6 раза.

Поміж люцерно-злакових травостойів у перші два роки користування найпродуктивнішим виявився агроценоз, злакова частина якого представлена стоколосом безостим і пажитницею багаторічною.

Найменшу, проте досить високу продуктивність люцерновий і люцерно-злаковий травостой забезпечують без внесення добрив, що в середньому за перші три роки користування коливається в межах 9,95–10,86 т/га сухої маси, 1,70–1,85 т/га сирого протеїну, 82,4–85,8 ГДж/га обмінної енергії, тоді як злакові травостой відповідно 5,12 т/га, 3,74 т/га, 0,57 т/га, 38,9 ГДж/га.

Ключові слова: продуктивність, видовий склад, удобрення, люцерна посівна, злаковий травостій

Актуальність. Створення на лучних угіддях сіяних бобово-злакових травостойів дає можливість істотно підвищити їхню продуктивність, білковість і енергонасиченість кормів, значно зменшити витрати технічного азоту, істотно скоротити витрати енергії, а також зменшити негативний вплив на довкілля азотних добрив, що в сучасних умовах екологічної й енергетичної кризи набуває надзвичайно важливого значення для сільськогосподарського виробництва. Крім того, поява нових сортів та нових уявлень про рослинні лучні угруповання, стратегію лучних трав в агроценозах тощо зумовило проведення спеціальних досліджень із добору кращих бобових і злакових компонентів для бобово-злакових

травостойів, що, безперечно, актуально.

Створення сіяних травостойів із підвищеним вмістом бобових – один із найперспективніших напрямів інтенсифікації луківництва у світі (Hannaway and other, 2018). Часткова заміна мінерального азоту симбіотичним являє собою важливий резерв скорочення витрат енергії, на який на злакових травостоях інтенсивного типу часто припадає половина її сукупних витрат (Кургак, 2010; Кургак&Лук'янець, 2004; Соляник, 2000).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями, проведеними в різних географічних, кліматичних, едафічних умовах із різними видами бобових трав виявлено, що включення бобових до складу бобово-злакових ценозів без

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

внесення мінерального азоту підвищує продуктивність лучних угідь у 1,5–2,5, а за збором протеїну – у 2–3 рази порівняно зі злаковими травостоями на тому ж фоні РК (Волошин, 2017; Волошин&Сукайло, 2014; Кургак, 2010; Nilsdotter-Linde and other, 2016). Водночас використання бобових трав у складі бобово-злакових травостоїв замінює внесення на злаковий травостій 100–300 кг/га мінерального азоту.

Основним принципом за добору видів і сортів для бобово-злакових травосумішок слугує відповідність компонентів комплексу фізичних умов середовища (рівню зволоження, кліматичним і ґрунтовим), віолентним властивостям ценопопуляцій видів, з яких складається певне лучне угруповання (вони мають характеризуватися приблизно однаковою ценотичною активністю), та антропогенним чинниками (режиму використання, системі удобрення й догляду тощо). Бобові трави мають добре утримуватися й виявляти високу продуктивність у змішаних посівах, злакові – сприяти формуванню щільної дернини і збалансованості корму, не впливати пригнічуюче на бобові трави (Боговін, 2009; Векленко, 2003; Демидась та ін, 2019;

Кургак&Лук'янець, 2004; Оліфірович, 2008; Слюсар, 2002; Ярмолюк, 2001).

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей формування високої продуктивності сіяних багаторічних травостоїв залежно від видового складу та удобрення на чорноземах типових малогумусних Лісостепу правобережного.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження виконували у наукових лабораторіях кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології у виробничому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» упродовж 2014-2016 рр. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний, за гранулометричним складом великопилювато-середньосуглинковий. Вміст гумусу в орному шарі (за Тюрінім) становить 4,34 %, рН сольової витяжки – 6,8 ємність вбирання – 307 мг-екв/кг ґрунту, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 101 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чиріковим) – відповідно 113 і 91 мг/кг ґрунту. Схему досліду наведено у табл.1.

1. Схема досліду

№ з/п	Чинник А – травостій (види трав та норма висіву їх насіння, кг/га)
1	Люцерна посівна, 16
2	Люцерна посівна, 12 + костриця східна, 10 + костриця лучна, 8

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

3	Люцерна посівна, 10 + костриця східна, 10 + грястиця збірна, 8
4	Люцерна посівна, 10 + стоколос безостий, 14 + пажитниця багаторічна, 10
5	Люцерна посівна, 10 + стоколос безостий, 14 + костриця східна, 8
6	Стоколос безостий, 14 + костриця східна, 8 (злаковий травостій), контроль
№ з/п	Чинник В – удобрення (поживні елементи та їх дози)
1	Без добрив, контроль
2	P60 K90
3	N60P60K90
4	N60P60K90 + стимулятор росту Фумар

Площа посівної ділянки – 30 м², облікової – 25 м², повторність досліду чотириразова.

Технологія вирощування багаторічних трав за виключенням досліджуваних чинників була загальноприйнятою для Правобережного Лісостепу України. У досліді були висіяні наступні види багаторічних трав: люцерна посівна (*Medicago Sativa* L.), сорт Регіна; стоколос безостий (*Bromus inermis* Leyss), сорт Марс; пажитниця багаторічна (*Lolium perenne* L.), сорт Київська 101; костриця східна (*Festuca arundinacea* Schreb.), сорт Данка; костриця лучна (*Festuca pratensis* Huds), сорт Діброва; грястиця збірна (*Dactylis glomerata* L.) сорт Наталка.

Результати досліджень та їх обговорення. Як показав аналіз результатів проведених досліджень у середньому за перші три роки користування, а саме за 2014–2016 рр. більш впливовим чинників за виходом з 1 га сухої маси виявився чинників травостій з загальною часткою 60 % (табл. 2). Частка чинників удобрення становила 40 %. Варто зазначити, що у перший рік

частка впливу чинника травостій була найбільшою. З роками користування через зменшення кількості бобового компонента та певної витрати дії симбіотичного азоту, а саме люцерни посівної вплив чинника травостій трохи зменшився – від 61 % у 1-й рік до 53 % у 3-й. При цьому навпаки, вплив чинника удобрення з роками трохи збільшився.

Виявлено високу ефективність включення до бобово-злакових травосумішей люцерни посівної, як джерела симбіотичного азоту, особливо на фонах без внесення мінерального азоту. Продуктивність травостою від її введення порівняно злаковим травостоєм із тими ж злаковими компонентами на фонах без внесення азоту (варіанти без добрив і P₆₀K₉₀) у середньому за 2014–2016 рр. підвищилася від 5,12–5,54 до 10,44–10,78 т/га сухої маси, або в 1,9–2,0 раза, тоді як на фонах із внесенням азоту (варіанти N₆₀P₆₀K₉₀ і N₆₀P₆₀K₉₀+Фумар) – від 7,64–7,91 до 11,14–11,47 т/га сухої маси, або в 1,5 раза. На фонах із внесенням азоту найменше зростання продуктивності (від 7,28–7,59 до 9,42–9,71 т/га сухої маси або в

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

1,3 раза) відбулося від включення стоколосу безостого і костриці люцерни посівної до суміші злаків із східної у 3-й рік користування.

2. Продуктивність сіяних лучних травостоїв на різних фонах удобрення за роками їх користування на суходолі Правобережного Лісостепу, т/га сухої маси (середнє за 2014–2016 рр.)

Удобрєння	Рік користування			Середнє
	1-й	2-й	3-й	
Люцерна посівна				
Без добрив	11,44	9,92	8,49	9,95
P ₆₀ K ₉₀	11,83	10,29	8,73	10,28
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	12,04	10,54	8,99	10,52
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	12,30	10,82	11,41	11,51
Люцерна посівна + костриця східна + костриця лучна				
Без добрив	12,58	10,74	7,58	10,30
P ₆₀ K ₉₀	12,80	11,05	7,89	10,58
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	13,08	11,26	8,38	10,88
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	13,38	11,42	8,76	11,19
Люцерна посівна + костриця східна + грєстиця збірна				
Без добрив	12,40	10,68	8,75	10,61
P ₆₀ K ₉₀	12,74	11,26	9,32	11,11
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	13,26	11,42	9,81	11,50
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	13,82	11,48	10,11	11,80
Люцерна посівна + стоколос безостий + пажитниця багаторічна				
Без добрив	13,72	11,42	7,43	10,86
P ₆₀ K ₉₀	13,88	11,97	7,95	11,27
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	14,12	12,06	8,67	11,72
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	14,28	12,25	9,09	11,87
Люцерна посівна + стоколос безостий + костриця східна				
Без добрив	12,89	9,91	8,51	10,44
P ₆₀ K ₉₀	12,78	10,68	8,87	10,78
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	13,06	10,95	9,42	11,14
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	13,40	11,29	9,71	11,47
Стоколос безостий + костриця східна (злаковий травостій)				
Без добрив	6,42	4,92	4,02	5,12
P ₆₀ K ₉₀	6,85	5,29	4,48	5,54
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	10,09	8,54	7,28	8,64
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	10,31	8,82	7,59	8,91
НІР ₀₅ , т/га за чинникамицфі				
Травостій	0,68	0,52	0,63	0,60
Удобрєння	0,44	0,32	0,42	0,40
Частка чинників, %				
Травостій	64	61	56	60
Удобрєння	36	39	45	40

Поміж люцерно-злакових травостоїв за усередненими даними достовірно (за НІР₀₅ 0,41 т/га сухої маси) продуктивнішими були

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

агроценози за участі стоколосу безостого та гряттиці збірної (із злаковою частиною у складі костриця східна + гряттиця збірна, стоколос безостий + пажитниця багаторічна і стоколос безостий + костриця східна), продуктивність яких у варіанті без добрив коливалася в межах на фоні без добрив 10,44–10,86 т/га сухої маси, на фоні внесення $P_{60}K_{90}$ – 10,78–11,27, $N_{60}P_{60}K_{90}$ – 11,14–11,72 і на фоні $N_{60}P_{60}K_{90} + \text{Фумар}$ – 11,47–11,97 т/га. Поміж зазначених сумішей найпродуктивнішою визначена суміш у складі: люцерна посівна + стоколос безостий + пажитниця багаторічна.

Наймеш продуктивною виявилася суміш у складі люцерна посівна + костриця східна + костриця лучна, продуктивність якої коливалася у межах – відповідно 10,30, 10,58, 10,88 і 11,19 т/га сухої маси.

Найменшу продуктивність на всіх травостоях одержали у варіанті без добрив – у середньому три роки на одновидовому посіві 9,95 т/га сухої маси, на люцерно-злакових – 10,30–10,86 т/га і на злаковому – 5,12 т/га. За внесення $P_{60}K_{90}$ продуктивність усіх травостоїв збільшилася тільки на 3–8 %, але достовірно. За додавання до $P_{60}K_{90}$ ще й N_{60} продуктивність досліджуваних травостоїв збільшувалася достовірно, але не однаково. Якщо приріст урожаю люцерни посівної і люцерно-злакових травостоїв у середньому за роки досліджень збільшився лише на 2–

4 %, то на злаковому травостої – на 38 %, або в 1,4 раза. Отже, за приростом продуктивності ефективнішим стало внесення азоту на злаковому травостої. Проте, варто відмітити, що на бобово-злакових травостоях у 3-й рік користування прирости врожаю від внесення N_{60} становили 9 % і були дещо більшими порівняно з 1-м роком із показниками 1–2 %, які безперечно були несуттєвими.

Під час аналізу дії добрив виявилось, що найбільшу продуктивність на всіх травостоях забезпечило поєднане внесення повного мінерального добрива і біостимулятора росту Фумар ($N_{60}P_{60}K_{90} + \text{Фумар}$), де продуктивність порівняно з варіантом без внесення добрив у середньому за роки досліджень на одновидовому посіві люцерни збільшилася на 0,89 т/га сухої маси або на 9 %, на її сумішах із злаками – на 0,89–1,19 т/га, або на 9–11 %, і на злаковому травостої – на 2,79 т/га, або на 54 % за НІР 0,41 т/га. Продуктивність від застосування біостимулятора росту Фумар збільшилася на 0,27–0,32 т/га сухої маси або на 2–4 % і мало залежала від видового складу травостою.

Аналіз одержаних даних за узагальнюючими показниками продуктивності, а саме за виходом з 1 га кормових одиниць, сирого протеїну, валової й обмінної енергії показав, що закономірності, які

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.
 одержані за виходом з 1 га сухої маси (табл. 3).
 зберігалися й за цими показниками

3. Продуктивність багаторічних травостоїв залежно від систем удобрення за узагальнюючими показниками, (середнє за 2014–2016 рр.)

Удобрєння	Кормові одиниці, т/га	Сирий протеїн, т/га	Валова енергія, ГДж/га	Обмінна енергія, ГДж/га
Люцерна посівна				
Без добрив	8,06	1,74	182,1	83,6
P ₆₀ K ₉₀	8,42	1,86	188,1	87,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	8,62	2,01	192,5	89,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	8,89	2,16	198,4	92,1
Люцерна посівна + костриця східна + костриця лучна				
Без добрив	7,83	1,70	188,5	82,4
P ₆₀ K ₉₀	8,15	1,80	193,6	85,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	8,27	1,89	199,1	89,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	8,62	2,06	204,8	91,8
Люцерна посівна + костриця східна + грєстиця збірна				
Без добрив	8,06	1,78	194,2	84,9
P ₆₀ K ₉₀	8,67	1,88	203,3	90,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	8,99	2,12	210,5	94,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	9,09	2,19	215,9	96,8
Люцерна посівна + стоколос безостий + пажитниця багаторічна				
Без добрив	8,25	1,85	198,7	85,8
P ₆₀ K ₉₀	8,68	1,96	206,2	91,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	9,14	2,20	214,5	94,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	9,22	2,29	219,1	98,2
Люцерна посівна + стоколос безостий + костриця східна				
Без добрив	7,93	1,77	191,1	83,5
P ₆₀ K ₉₀	8,30	1,87	197,3	87,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	8,47	2,08	203,9	91,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	8,83	2,18	209,9	94,1
Стоколос безостий + костриця східна (злаковий травостій)				
Без добрив	3,74	0,57	93,7	38,9
P ₆₀ K ₉₀	4,10	0,66	101,4	42,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	5,73	1,13	139,8	59,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Фумар	5,93	1,21	144,8	61,7

Виявлено високу ефективність включення до бобово-злакових травосумішей люцерни посівної, а також використання на кормові цілі одновидового посіву люцерни, особливо на фонах без внесення мінерального азоту. Продуктивність зазначених травостоїв порівняно із

злаковим травостоєм на фонах без внесення азоту (варіанти без добрив і P₆₀K₉₀) у середньому за 2014–2016 рр. підвищилася від 3,74–4,10 до 8,06–8,68 т/га кормових одиниць, від 0,57–0,66 до 1,70–1,96 сирого протеїну, від 93,7–101,4 до 182,1–206,2 ГДж/га валової енергії і від 38,9–42,7 до 82,4–

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

91,3 ГДж/га обмінної енергії або в 1,8–3,0 раз, тоді як на фонах із внесенням азоту (варіанти $N_{60}P_{60}K_{90}$ і $N_{60}P_{60}K_{90}+$ Фумар) – відповідно від 5,73–5,93 до 8,27–9,22 т/га, від 1,13–1,21 до 1,89–2,29 т/га, від 139,8–144,8 до 192,5–219,1 ГДж/га, і від 59,6–61,7 до 89,4–98,2 ГДж/га, або в 1,4–1,6 раз. Порівняння продуктивності люцерно-злакових сумішей із одновидовим посівом люцерни свідчить, що на одних і тих же фонах вона знаходилася на одному рівні з незначними коливаннями.

Найбільшу продуктивність за зазначеними у таблиці 3 показниками на всіх травостоях забезпечило поєднане внесення повного мінерального добрива і біостимулятора росту Фумар ($N_{60}P_{60}K_{90}+$ Фумар), де порівняно з ділянками без внесення добрив у середньому за роки досліджень на люцерновому і люцерно-злакових травостоях вона збільшилася відповідно до 8,62–9,22 т/га, 2,06–2,29 т/га, 204,8–219,1 ГДж/га і 91,8–98,2 ГДж/га, або на 10–18 % і на злаковому травостої – до 5,93 т/га, 1,21 т/га, 144,8 ГДж/га і 61,7 ГДж/га, або в 1,5–2,1 раз. Продуктивність за цими ж показниками від застосування біостимулятора росту Фумар збільшилася на 3–7 % і мало залежала від видового складу травостою.

Висновки і перспективи. Дослідженнями встановлено, що в технології вирощування бобово-злакових травостоїв важливими

елементами, від яких залежать щільність та ботанічний склад рослин є вдале поєднання їх видового складу, оптимізація фонів удобрення та стимуляція біостимулятором росту Фумар.

У середньому за перші три роки користування найвпливовішим чинником за виходом з 1 га сухої маси є чинник травостій з часткою участі 60 %. Частка чинника удобрення становить 40 %.

Включення до бобово-злакових травосумішей люцерни посівної, а також використання на кормові цілі одновидового її посіву порівняно зі злаковим травостоєм на фонах без внесення мінерального азоту в середньому за перші три роки користування підвищує продуктивність сіяних травостоїв від 5,12–5,54 до 10,44–10,78 т/га сухої маси, від 3,74–4,10 до 8,06–8,68 т/га кормових одиниць, від 0,57–0,66 до 1,70 1,96 сирого протеїну і від 38,9–42,7 до 82,4–91,3 ГДж/га обмінної енергії або в 1,8–3,0 раз, тоді як на фонах із внесенням N_{60} – відповідно від 7,28–7,59 до 9,42–9,71 т/га, від 5,73–5,93 до 8,27–9,22 т/га, від 1,13–1,21 до 1,89–2,29 т/га і від 59,6–61,7 до 89,4–98,2 ГДж/га, або лише в 1,4–1,6 раз.

Поміж люцерно-злакових травостоїв у перші два роки користування найпродуктивнішим виявився агроценоз, злакова частина якого представлена стоколосом

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

безостим і пажитницею багаторічною.

Найменшу, проте досить високу продуктивність люцерновий і люцерно-злаковий травостої забезпечують без внесення добрив, що в середньому за перші три роки

користування коливається в межах 9,95–10,86 т/га сухої маси, 1,70–1,85 т/га сирого протеїну, 82,4–85,8 ГДж/га обмінної енергії, тоді як злакові травостої відповідно 5,12 т/га, 3,74 т/га, 0,57 т/га, 38,9 ГДж/га.

References

1. Bohovin, A. V. (2009) Vymohy do doboru vydiv trav i travosumishey dlya stvorenniya siyanykh riznoho hospodars'koho vykorystannya. [Requirements for the selection of types of grasses and grass mixtures for the creation of sown for various economic uses]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva UAAN»*. 3. P. 112–120.

2. Veklenko, YU. A. (2003) Rezhymy vykorystannya ta urozhaynist' riznotypnykh ukisno-pasovyshchnykh travostoyiv. [Modes of use and yield of different types of sloping pastures]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 50. P. 44–49.

3. Voloshyn V. N. (2017) Botanichnyy sklad ta produktyvnist' luhovykh travostoyiv na seriynykh lisovykh povakh. [Botanical composition and productivity of meadow grasslands on serial forest cover]. *Vestnyk Bilorus'koyi derzhavnoyi sil's'kohospodars'koyi akademiyi*. 1. P. 62–66.

4. Voloshyn, V. M., Sukaylo, M. V. (2014) Produktyvnist' bobovo-zlakovykh travostoyiv na sirykh lisovykh gruntakh Lisostepu.. [Productivity of leguminous-cereal stands on gray forest soils of the Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva UAAN»*. 3. P. 142–148.

5. Demydas', H. I., Prorochenko, S. S., Burko, L. M. (2019) Shchil'nist' i vysota bahatorichnykh ahrofitotsenoziv zalezhno vid vydovoho skladu ta udobrennya. [Density and height of perennial agrophytocenoses depending on species composition and fertilizer]. *Tavriys'kyy naukovyy visnyk*. 105. P. 49–55.

6. Hannaway D. B., Brewer L. J., Ates S., Anderson N. P., Wang G., Filley S., Daly C., Halbleib M. D., Ringo C., Monk S., Moot D. J., Yang X., Chapman D. F. and Sohn P. (2018) Ftatch clover: optimal selection of clover

species. Sustainable meat and milk production from grasslands: Proceedings of the 27th General fteeting of the European Grassland Federation. P. 218–220. (in Ireland)

7. Kurhak V. H. (2010) Luchni ahrofitotsenozy. [Meadow agrophytocenoses]. 374. (in Ukrainian)

8. Kurhak V. H., Voloshyn V. M. (2017) Pidvyshchennya efektyvnosti vykorystannya bahatorichnykh bobovykh trav na lukakh Ukrayiny. [Improving the efficiency of perennial legumes in the meadows of Ukraine]. *Posibnyk ukrayins'koho khliboroba «Biolohizatsiya zemlerobstva»*: *Naukovo-praktychnyy zbirnyk*. 1. P. 288–291.

9. Kurhak, V. H., Luk"yanets', O. P. (2004) Vplyv typu travostoyu, system udobrennya ta vykorystannya na produktyvnist' sukhodil'nykh luchnykh uhid' pivnichnoho Lisostepu Ukrayiny. [Influence of grass type, fertilizer systems and use on the productivity of dry meadow lands of the northern Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho DAU*. 17. P. 9–15.

10. Kurhak, V. H., Luk"yanets', O. P. (2002) Formuvannya luchnykh travostoyiv na uhiddyakh, vyvedenykh z rilli. [Formation of meadow grasslands on arable land]. *Visnyk Bilotserkivs'koho DAU*. 24. P. 137–145.

11. Nilsson-Linde N., Halling M. A. and Jansson J. (2016) Widening the harvest window with contrasting grass-clover mixtures. The multiple roles of grassland in the European bioeconomy: Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation. P. 191–193. (in Norway)

12. Olifirovych, V. O. (2008) Bobovo-zlakovi travosumishky – osnova vyrobnytstva yakisnykh vysokobilkovykh kormiv na skhylovykh zemlyakh. [Legume-cereal grass mixtures are the basis for the production of high-quality high-protein feeds on sloping

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

lands]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 61. P. 118–123.

13. Slyusar, S. M. (2002) Vplyv rezhymiv udobrennya ta vykorystannya riznodostyhayuchykh travosumishok na yikh produktyvnist'. [Influence of fertilizer regimes and use of different-reaching grass mixtures on their productivity]. *Visnyk ahrarnoyi nauky*. 9. P. 85–86.

14. Solianyuk O. P. (2000) Produktyvnist' bobovo-zlakovykh travosumishok zalezhno vid rezhymiv yikh vykorystannya na nizynnykh lukakh Polissya Ukrayiny. [Productivity of

legume-cereal grass mixtures depending on the modes of their use in lowland meadows of Polissya of Ukraine]. 18. (in Ukrainian)

15. Yarmolyuk, M. T., (2001) Ahroekologichni osnovni stvorennia i vykorystannya kul'turnykh pasovyshch u zakhidnykh rehionakh Ukrayiny. [Agroecological basic creation and use of cultural pastures in the western regions of Ukraine]. *Vydavnytstvo Instytutu zemlerobstva i tvarynnystva zakhidnoho rehionu UAAN «Sil's'kyi hospodar»*. 248. (in Ukrainian)

PRODUCTIVITY OF SOWN MEADOW HERBAGE DEPENDING ON THE ELEMENTS OF GROWING TECHNOLOGY

L. M. Burko, I. V. Svystunova, S. P. Poltoretskyi T. I. Prorochenko

Abstract. *The results of research on the influence of species composition of grass mixtures, the level of fertilizing, and growth stimulator Fumar on the productivity of sown meadow herbage on typical low-humus chernozems of the Right-Bank Forest-Steppe are presented.*

The experimental part of the work was performed in the scientific laboratories of the Forage Production, Land Reclamation, and Meteorology Department in the production unit of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Agronomic Research Station". The territory of the research station is located in the Right-Bank Forest-Steppe and is a part of Bila Tserkva agro-soil district. The experimental plots were laid on typical low-humus chernozems, coarse-grained light loam in terms of mechanical composition, which are characterized by a high content of gross and mobile forms of nutrients. The climate of the region is characterized by unstable humidity and moderate temperatures. The average annual air temperature is 6-8 ° C. The annual amount of precipitation reaches 562 mm, during the growing season - 354-394 mm (63-70% of the annual norm), which falls unevenly throughout the year.

On average, in the first three years of use, the most influential factor in the yield of 1 ha of dry mass is the factor of grass cover with a share of 60%. The share of fertilizer factor is 40%.

The inclusion of alfalfa in legumes and cereal mixtures, as well as the use of single-species sowing for fodder purposes compared to cereals in the background without mineral nitrogen on average for the first three years of use, increases the productivity of sown grasslands from 5.12-5.54 to 10.44–10.78 t/ha of dry weight, from 3.74–4.10 to 8.06–8.68 t/ha of feed units, from 0.57–0.66 to 1.70 1.96 of crude protein and from 38.9–42.7 to 82.4–91.3 GJ/ha of exchange energy or by 1.8–3.0 times, while on backgrounds with N₆₀ application - from 7.28–7.59, respectively, to 9.42–9.71 t/ha, from 5.73–5.93 to 8.27–9.22 t/ha, from 1.13–1.21 to 1.89–2.29 t/ha and from 59.6–61.7 to 89.4–98.2 GJ/ha, or only by 1.4–1.6 times.

Бурко Л. М., Свистунова І. В., Полторецький С. П., Пророченко Т. І.

Among the alfalfa-cereal herbages in the first two years of use, the most productive was the agrocenosis, the cereal part of which is represented by smooth brome grass and English bluegrass.

The lowest, but quite high productivity of alfalfa and alfalfa-grass herbages is provided without fertilizers, which on average for the first three years of use ranges from 9.95 to 10.86 t/ha of dry weight, 1.70 to 1.85 t/ha of crude protein, 82.4–85.8 GJ/ha of metabolic energy, while cereals, respectively, 5.12 t/ha, 3.74 t/ha, 0.57 t/ha, 38.9 GJ/ha.

Keywords: *productivity, species composition, fertilizers, alfalfa, cereal-grass herbage*

**ВПЛИВ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ КУПРУМУ В КОМБІКОРМАХ НА
ПРОДУКТИВНІСТЬ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ****В. С. БОМКО**, доктор сільськогосподарських наук, професор<https://orcid.org/0000-0001-5558-6924>E-mail: godivlya@ukr.net**М. С. ЗАХАРЧУК**, аспірант*,E-mail: godivlya@ukr.net**О. М. ТИТИРЬОВА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент<https://orcid.org/0000-0003-4820-809X>E-mail: olenakosyanenko@gmail.com**Білоцерківський національний аграрний університет**<https://doi.org/dopovidi2021.04.010>

Анотація. Для дослідження ефективності застосування різних доз протеїнату купруму в раціоні курчат-бройлерів було сформовано три групи тварин по 50 голів у кожній. Курчата 1-ї контрольної групи отримували у складі комбікорму сульфат купруму, а 2-ї та 3-ї дослідних груп – протеїнат купруму. Концентрація Купруму у комбікормах курчат 1-ї та 2-ї груп була ідентичною, а тваринам 3-ї дослідної групи кількість Купруму зменшували на 25 % порівняно з контролем.

Під час науково-господарського досліджу було встановлено, що заміна сульфату купруму на його протеїнат за однакової концентрації вказаного мікроелементу у комбікормі позитивно впливає на середньодобові прирости курчат-бройлерів, а відповідно і живу масу. Так, перевага тварин 2-ї дослідної групи над контрольними аналогами становила 7,5 % за середньодобовими приростами та 9,4 % за масою тіла наприкінці досліджу.

Зниження концентрації Купруму в комбікормах курчат третьої дослідної групи на 25 % (джерелом мікроелемента є протеїнат купруму) порівняно з контролем також позитивно вплинуло на продуктивність цих тварин. Їх перевага над контрольними аналогами за середньодобовим приростом маси тіла становила 3,8 %, а за живою масою – 5,8 %.

Водночас була відмічена прямолінійна залежність продуктивності тварин від кількості спожитого корму. Так, бройлери 2-ї дослідної групи спожили на 3,3 % більше корму, порівняно з контрольними аналогами. Курчата 3-ї дослідної групи перевершили птицю контрольної групи за цим показником на 1,5 %.

Отже, протеїнат купруму є ефективнішим джерелом Купруму в комбікормах курчат-бройлерів. Водночас концентрація вказаного мікроелемента у комбікормах цих тварин у віці 5–21 доба має становити 18,2 г/т, 22–35 діб – 16,8 г/т, 36–42 доби – 12 г/т, або 16,5 г/т в середньому за період досліджу.

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор В.С. Бомко

Ключові слова: маса тіла, приріст живої маси, органічні форми мікроелементів, протеїнат купруму

Актуальність дослідження.

Купрум є важливим компонентом різноманітних метаболічних і структурних функцій тварини, зокрема: утворення пігменту меланіну; виробництво АТФ; поглинання Феруму та обмін речовин; дозрівання еритроцитів; імунна функція; утворення колагену тощо.

З іншого боку, Купрум, може бути, надзвичайно токсичним за його надлишку, і тому всі живі організми розробили спеціалізовані гомеостатичні механізми для залучення, доставки та усунення Купруму та нейтралізації його токсичної дії (López-Alonso et al., 2020).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Конкретні рекомендації щодо нормування вмісту Купруму в годівлі курчат-бройлерів не були включені до NRC (1994), тому основну інформацію щодо потреби у ньому нутриціоністи отримують з посібників для розведення бройлерів (Cobb-vantress, 2013; Aviagen, 2016).

За останні роки в світі було проведено низку досліджень щодо оптимальних доз та джерел Купруму у комбікормі курчат-бройлерів (dos Santos et al., 2021; Lu et al., 2020; Świątkiewicz et al., 2014). Проте, отримані результати не дали однозначної впевненої рекомендації.

Так, даючи протеїнат купруму у дозах 200 та 400 мг/кг сухої речовини кормів для курчат-бройлерів кросу Vencobb дослідники фіксували кращу продуктивність та використання поживних речовин у порівнянні з сульфатом (Das et al., 2010).

Натомість курчата-бройлери кросу Ross 208, в комбікорм яких включали Met-Cu (50, 100, 150 або 200 мг Cu/кг корму) незначно збільшували свою продуктивність, проте суттєво перевищували контрольні показники за кількістю спожитого корму та конверсією корму (Chowdhury et al., 2004). У процесі цих досліджень було відмічено лінійну залежність між дозою Купруму та накопиченням його в печінці птахів.

Споживання комбікормів із вмістом 25 % рекомендованого рівня Купруму (40 мг/кг комбікорму) у формі гліцинат хелату (Cu-Gly) бройлерами кросу Ross 308, сприяло збільшенню маси їх тіла та позитивно впливало на кістковий метаболізм (Muszyński et al., 2018).

Інші дослідження, проведені на курчатах бройлерах, показали, що за органічного джерела Купруму (20 та 40 мг/кг) покращується засвоєння Кальцію та підвищується концентрація Купруму в печінці, проте змін середньодобових прирістів, споживання корму або

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

коефіцієнту конверсії корму не було відмічено (Wen et al., 2019).

Добавки Купруму у кількості 100 мг Cu-gly або Cu-Met на 1 кг корму в раціоні покращили продуктивність росту, а також фізіологічну та імунну відповідь курчат-бройлерів, порівняно з неорганічним Cu (El-Nady, 2019).

Під час експериментального порівняння впливу додавання наночастинок Купруму (Cu-NP) та мідного купоросу (CuSO_4) до питної води на швидкість росту та збільшення ваги встановили, що використання Cu-NP сприяє збільшенню продуктивності, порівняно з CuSO_4 (El-Kazaz et al., 2019).

Заразом увагу привертають повідомлення щодо негативного впливу на здоров'я курей підвищених доз Купруму (Feng et al., 2020; Gou et

al., 2021), а також позитивний вплив на продуктивність моногастричних тварин знижених доз Купруму в складі органічних сполук (Kuzmenko et al., 2021; Lin et al., 2020).

Мета досліджень – дослідити продуктивність курчат-бройлерів та витрати кормів за згодовування органічного джерела Купруму.

Матеріал та методи дослідження. У досліді були задіяні 150 голів добових курчат кросу Кобб-500, батьки яких утримувалися в однакових умовах і які в добовому віці були за принципом аналогів розподілені на три групи (контрольну та дві дослідні) по 50 голів у кожній. Під час формування груп був врахований вік та жива маса курчат. Тривалість досліду становив 38 днів, з яких виділяли три періоди: 5–21; 22–35; 36–42 діб, згідно зі схемою досліді (табл. 1).

1. Схема науково-господарського досліді на курчатах-бройлерах

Група	Вік, діб			
	5–21	22–35	36–42	5-42
	Добавка на 1 т комбікорму, г			
Купруму за рахунок сульфату				
1 – контрольна	18,2	16,8	12	16,5
Купруму за рахунок протеїнату				
2 – дослідна	18,2	16,8	12	16,5
3 – дослідна	13,9	12,6	9,0	12,5

У повнораціонних комбікормах усі поживні й біологічно активні речовини були збалансовані згідно з існуючими нормами (табл.1.). Поповнення комбікорму Купрумом для контрольної групи проводили із розрахунку: 18,2 г у віці 5–21 днів,

16,8 г у віці 22–35днів і 12 г у віці 36–42 днів на одну тонну комбікорму за рахунок солі його сульфату. Курчатам-бройлерам 2-ї дослідної групи поповнення комбікорму Купрумом поповнювали такою ж кількістю чистого Купруму для всіх

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

вікових періодів за рахунок протеїнату купруму. Курчата-бройлери 3-ї дослідної групи отримували аналогічні комбікорми, які згодовували курчатам-бройлерам 2-ї дослідної групи, але доза Купруму для них була зменшена за віковими періодами на 25 %. В середньому за дослід курчата-бройлери 1-ї контрольної та 2-ї дослідної груп споживали 16,5 г чистого Купруму на тонну комбікорму, а 3-ї дослідної групи на 25 % менше, або 12,5 г.

За підлогового утримання комбікорм з досліджуваними сполуками курчатам-бройлерам згодовували досхочу при роздачі два рази на добу, вранці та ввечері з жолобкових годівниць, які заповнювали на 2/3 місткості при фронті годівлі 5-7 см на одну голову. Напували курчат свіжою теплою водою температура якої становила 20-25 °С, а фронт напувалки – 2-3 см.

Тривалість світлового періоду був в інтервалі від 24 до 10

годин/добу, в залежності від віку курчат-бройлерів. Температуру, вологість та швидкість руху повітря приміщення контролювали за загальноприйнятими методами.

Усім курчат-бройлерам до 5-денного віку згодовували повнораціональні комбікорми виготовленим Миронівським комбікормовим заводом “Київ-Атлантик-Україна”, а з 5-денного віку – комбікормами приготовленими безпосередньо в приватному підприємстві. Комбікорм виготовляли для кожної групи окремо із розрахунку на 4 дні використання згідно з розробленою рецептурою. Рівень Купруму в комбікормах забезпечували за рахунок сульфату купруму та протеїнату купруму. Склад комбікормів, які використовували упродовж дослідів для годівлі курчат-бройлерів, наведено в таблиці 2.

2. Склад комбікормів для курчат-бройлерів у різні вікові періоди вирощування, %

Інгредієнти	Віковий період, діб			
	1–4	5–21	22–35	36–42
Кукурудза	40	41	43	44,5
Пшениця	17	16	14	21,5
Макуха соняшникова	–	5	8	10
Макуха соєва	37	33	30	19
Олія соняшникова	1	–	–	–
Премікс	5	5	5	5

Як видно із даних таблиці 2 до складу комбікорму входили: кукурудза, пшениця, макуха

соняшникова та соєва, олія соняшникова і премікс. У перший віковий період для необхідного

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

вмісту обмінної енергії в комбікормі додавали соняшникову олію. З віком макуху соєву зменшували, а сояшникову навпаки збільшували.

Комбікорми для курчат-бройлерів контрольної та дослідних груп відрізнялися між собою формами вводу до їх складу Купруму

та різною їх концентрацією. Комбікорми виготовляли використовуючи трьохтонний млин-змішувач сипучих кормів «Княжа Авіла» та гранулятор «ДГ – 1».

Комбікорми були збалансовані за поживними та біологічно активними речовинами (табл. 3).

3. Поживність повнораціонних комбікормів для курчат-бройлерів

Показники	Віковий період, діб			
	1–4	5–21	22–35	36–42
Обмінна енергія, МДж/кг	12,0	13,0	13,0	13,2
Сирий протеїн, г/кг	229,7	221,4	219,2	194,5
Сирий жир, г/кг	60,2	47,5	49,0	46,5
Сира клітковина, г/кг	33,9	42,0	42,0	43,0
Кальцій, г/кг	16,2	10,0	10,0	9,0
Фосфор, г/кг	9,1	8,0	7,0	7,0
Натрій, г/кг	1,2	2,2	2,0	2,0
Лізин, г/кг	12,8	11,8	11,5	12,3
Метіонін, г/кг	4,8	6,3	4,5	4,0
Мет+цист, г/кг	8,6	8,0	7,9	7,0
Триптофан, г/кг	1,4	8,6	8,2	7,0
Треонін, г/кг	9,1	2,3	2,3	3,0
Вітамін А, МО/кг	15000,0	13000,0	15000,0	15000,0
Вітамін D ₃ , МО/кг	3000,0	5000,0	3000,0	3000,0
Вітамін Е, мг/кг	50,0	80,0	50,0	80,0
Вітамін В ₁ , мг/кг	7,0	3,0	3,5	3,0
Вітамін В ₂ , мг/кг	6,5	9,0	7,0	7,0
Вітамін В ₃ , мг/кг	19,1	15,0	15,0	15,0
Вітамін В ₄ , мг/кг	520,3	500	500	500
Вітамін В ₅ , мг/кг	47,5	45,0	45,0	45,0
Вітамін В ₆ , мг/кг	5,5	4,0	6,0	5,0
Вітамін В ₇ , мг/кг	101,2	100,0	100,0	100,0
Вітамін В ₉ , мг/кг	1,1	1,3	1,3	1,2
Вітамін В ₁₂ , мкг/кг	21,0	20,0	20,0	20,0
Ферум, мг/кг	40,5	4,00	4,0	4,0
Купрум, мг/кг	4,7	18,2 – 13,9*	16,8 – 12,6*	12 – 9,0*
Цинк, мг/кг	51,2	60,0	60,0	60,0
Марганець, мг/кг	81,6	60,0	60,0	60,0
Йод, мг/кг	1,2	1,0	1,0	1,0
Кобальт, мг/кг	1,1	0,8	0,8	0,8

* Вміст Купруму згідно зі схемою досліду (табл. 1).

Курчата-бройлери контрольної групи в середньому за дослід отримували Купруму у кількості 16,5 мг/кг корму на добу за рахунок

сульфату купруму (табл.3). У комбікормі курчат 2-ї дослідної групи сульфат купруму було замінено на протеїнат у такій кількості, щоб

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

Купруму було 16,5 мг/кг корму на добу, а 3-ї дослідної групи також на протеїнат, але в кількості Купруму 12,5 мг/кг корму на добу, тобто доза була нижчою на 25 %.

Протеїнат купруму отримували за розробленим «Способом збагачення кормового зерна мікроелементами» на який отримано патент №144924 (Бомко та ін., 2020). Всі вище названі сполуки Купруму вводилися у комбікорми в кількості, що відповідає добовій потребі птиці.

4. Середньодобове споживання комбікорму курчатами-бройлерами, г (у середньому на 1 голову)

Вік курчат, діб	Група		
	1 – контрольна	2 – дослідна	3 – дослідна
1–7	23,1	23,2	23,1
8–14	61,2	62,5	60,8
15–21	119,3	123,9	120,2
22–28	131,6	133,4	132,2
29–35	146,1	148,3	147,0
36–42	152,1	163,2	159,5
У середньому за дослід	105,6±15,4	109,1±14,7	107,1±15,6

Як видно із даних таблиці 4, найбільшу кількість комбікорму в середньому за дослід на одну голову споживали курчата-бройлери 2-ї дослідної групи, для яких у складі комбікорму використовували протеїнат купруму замість сульфату купруму, який використовували в комбікормі 1-ї контрольної групи в тих самих дозах у перерахунку на Купрум. Дещо меншу кількість комбікорму споживали курчата-бройлери 3-ї дослідної групи, до комбікорму яких також додавали

Результати досліджень.

Обліковий період, який тривав 38 дні, був розділений на 3 під періоди. Упродовж дослідів вивчали витрати корму, живу масу, збереженість та продуктивність курчат.

Збереженість курчат-бройлерів і споживання ними комбікорму визначали через щоденний облік поголів'я і витрат кормів у кожній групі. Середньодобове споживання комбікормів дослідними курчатами-бройлерами наведено у таблиці 4.

протеїнат купруму, але у дозі меншій на 25 %.

Найменшу кількість корму споживала птиця 1-ї контрольної групи, в комбікормі якої знаходився сульфат купруму у дозах від 18,2 до 12 г/т у перерахунку на чистий елемент або в середньому за дослід 16,5 г/т. Проте вірогідної різниці між групами за цим показником не було встановлено.

За весь період дослідів птиця 1-ї контрольної групи спожила у середньому 4433,8 г/голову

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

комбікорму, 2-ї дослідної – 4581,5 г, а 3-ї дослідної – 4499,6 г.

Отже, з проведеного аналізу даних можна зробити висновок, що дещо більшу кількість комбікорму за дослід спожила птиця 3-ї дослідної групи, хоча затрати комбікорму на приріст у цій групі були найменшими.

Живу масу курчат-бройлерів контролювали упродовж усього досліді. Як показали дослідження різні сполуки Купруму та різні дози протеїнату купруму вплинули на живу масу курчат-бройлерів як протягом досліді так по віковим періодам, яку контролювали упродовж всього досліді (табл. 5).

5. Жива маса курчат бройлерів, г ($M \pm m$, $n=50$)

Вік, діб	Група		
	контрольна 1	дослідна	
		2	3
1	45,5 $\pm$ 0,62	45,9 $\pm$ 0,56	46,2 $\pm$ 0,77
7	139,4 $\pm$ 3,12	140,5 $\pm$ 2,63	138,7 $\pm$ 2,51
14	335,4 $\pm$ 2,24	358,4 $\pm$ 3,65**	344 $\pm$ 2,29*
21	790,8 $\pm$ 4,69	829,6 $\pm$ 7,92**	815,1 $\pm$ 6,44*
28	1260,0 $\pm$ 34,32	1361,6 $\pm$ 16,2**	1350,7 $\pm$ 19,95*
35	1789,9 $\pm$ 24,66	1938,6 $\pm$ 30,62**	1880,5 $\pm$ 23,91**
42	2430,8 $\pm$ 46,44	2660,3 $\pm$ 65,34**	2571,9 $\pm$ 53,99**

* – $p \leq 0,05$ порівняно з контролем, ** – $p \leq 0,05$ порівняно з першою групою

З результатів досліджень живої маси курчат-бройлерів ми бачимо, що на 7 добу досліді вона була практично однаковою, як в контрольній так і дослідних груп. Проте у курчат другої дослідної групи, яким згодовували комбікорм в складі якого знаходилось протеїнат купруму жива маса в цей період була на вищою за контроль на 0,8 % і на 1,3 % проти третьої дослідної групи. Порівнюючи показники живої маси курчат-бройлерів в 14-денному віці другої дослідної групи з аналогічними показниками першої контрольної та третьої дослідної групи було встановлено, що жива маса курчат-бройлерів була вищою відповідно на 6,9 та 4,2 %. На 21 добу досліді живої маси курчат-бройлерів

другої дослідної групи збільшилась на 4,9 %, третьої дослідної групи на 3,1 % порівняно з контролем (табл. 5).

Така тенденція вищого збільшення живої маси курчат-бройлерів дослідних груп спостерігалася до кінця досліді в порівнянні з контролем. На 42 добу досліді було встановлено достовірне збільшення живої маси курчат-бройлерів другої дослідної групи на 9,4 % в порівнянні з контролем і на 3,4 % в порівнянні з третьою дослідною групою. У відповідності із показниками живої маси знаходяться і результати досліджень приростів птиці.

Швидкість росту курчат-бройлерів визначали за абсолютними

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

та середньодобовими приростами живої маси.

Абсолютні прирости живої маси курчат-бройлерів приведені в таблиці 6.

6. Абсолютні прирости живої маси курчат-бройлерів, г ($M \pm m$, $n=50$)

Віковий період, діб	Група курчат		
	1-а контрольна	2-а дослідна	3-я дослідна
1–7	93,9 $\pm$ 1,96	94,6 $\pm$ 1,56	92,5 $\pm$ 1,67
8–14	196,0 $\pm$ 2,89	217,9 $\pm$ 1,42 ***	205,3 $\pm$ 2,27**
15–21	455,4 $\pm$ 3,51	471,2 $\pm$ 3,25*	471,1 $\pm$ 4,43*
22–28	469,2 $\pm$ 22,53	532,0 $\pm$ 13,88***	535,6 $\pm$ 14,04***
29–35	529,9 $\pm$ 18,01	577,0 $\pm$ 16,12***	529,8 $\pm$ 24,95
36–42	640,9 $\pm$ 37,03	721,7 $\pm$ 35,05***	691,4 $\pm$ 36,39***
За весь період досліджу	2430,8 $\pm$ 45,40	2614,4 $\pm$ 50,69*	2525,7 $\pm$ 59,88*

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

Абсолютні прирости живої маси курчат-бройлерів (табл. 6) за перші 7 діб у всіх групах були майже на одному рівні і різниця у показниках птиці дослідних і контрольної груп була невірогідною.

З 8-ї на 14 добу абсолютні прирости живої маси були найвищими в другій дослідній групі на 11,2 % ($p < 0,001$) від першої контрольної групи, тоді як третьої дослідної групи вони були вищими за контроль лиш на 4,7% ($p < 0,01$).

У віці з 15 до 21 доби найвища інтенсивність росту була у курчат-бройлерів другої і третьої дослідних групи, які з комбікормом споживали протеїнат купруму, який забезпечував 16,8 і 12,6 г елемента на 1 т комбікорму, а абсолютний приріст становив 471,2 та 471,1 г, відповідно і були достовірно вищими за першу контрольну групу, які споживали комбікорми з сульфатом купруму з

розрахунку 16,8 г елемента на 1 т комбікорму ($p < 0,001$).

Подібна тенденція спостерігалася і в віці від 22 на кінець 28 доби. У цей віковий період була найвища інтенсивність росту в курчат-бройлерів третьої і другої дослідних груп вони мали абсолютні прирости відповідно 535,6 та 532 г, і вони були найвищими в порівнянні з першою контрольною групою відповідно на 13,4 % і 14,2 %.

У наступний віковий період (29–35 днів) згодовування комбікормів із протеїнатом купруму 16,8 г елемента на 1 т комбікорму покращували абсолютні прирости другої дослідних груп на 47,1 г або 8,9 % як першу контрольну так і третю дослідну групу ($p < 0,01$).

За віковий період 36–42 добу абсолютні прирости дослідних груп збільшувались в порівнянні з контрольною групою на 80,8 г у

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

другій дослідній групі і на 50,5 г у третій дослідній групі, або 12,6 і 7,9 %, відповідно.

Аналіз результатів зважувань показав, що абсолютний приріст курчат 2-ї і 3-ї дослідних груп, що з комбікормом отримували протеїнат купруму за весь період досліду становив, відповідно – 2614,4 і 2525,7 г, тоді як у 1-ї контрольній групі цей показник був найнижчим – 2430,8 г.

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що згодовування протеїнату купруму в середньому за дослід у дозі 16,5 г елемента на 1 т комбікорму найбільш відповідає добовій потребі курчат-бройлерів в цьому елементу.

Відповідно до загальної живої маси та абсолютних приростів змінювалися і середньодобові прирости курчат-бройлерів на протязі досліду (табл. 7).

7. Середньодобові прирости живої маси курчат-бройлерів, г ($M \pm m$, $n=50$)

Віковий період, діб	Група		
	1 – контрольна	2 – дослідна	3 – дослідна
1–7	13,4 $\pm$ 1,07	13,5 $\pm$ 0,92	13,2 $\pm$ 0,84
8–14	28,0 $\pm$ 0,39	31,1 $\pm$ 0,26***	29,3 $\pm$ 0,61**
15–21	65,1 $\pm$ 0,42	67,3 $\pm$ 0,54*	67,3 $\pm$ 0,60*
22–28	67,0 $\pm$ 1,48	76,0 $\pm$ 2,33***	76,5 $\pm$ 1,62***
29–35	75,7 $\pm$ 3,21	82,4 $\pm$ 2,83***	75,7 $\pm$ 2,58
36–42	91,6 $\pm$ 4,03	103,1 $\pm$ 3,18*	98,8 $\pm$ 3,34
За період досліду	57,9 $\pm$ 1,02	62,3 $\pm$ 1,05**	60,1 $\pm$ 1,34*

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

Як свідчать дані таблиці 7 упродовж першого тижня вирощування згодовування різних доз протеїнату купруму не впливало на середньодобові прирости живої маси піддослідних курчат-бройлерів.

Порівняння аналогічних показників у птиці дослідних груп між собою показало на кінець 14 діб показало, що в курчат-бройлерів другої групи середньодобові прирости на 11,2 % більші, порівняно з першою контрольною групою і на 6,5 % – з третьою.

Середньодобові прирости живої маси курчат-бройлерів другої та третьої дослідних груп на 21 добу були практично однаковими і були кращими на 3,4 % порівняючи з контролем.

За згодовування птиці протеїнату купруму в дозі 12,6 г елемента на 1 т комбікорму середньодобові прирости живої маси в період з 22 до 28 доби вирощування не змінювалися у порівнянні з контролем. Однак порівняючи з аналогічними показниками першої дослідної групи

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

відмічалось збільшення приростів у другій дослідній групі на 0,4 %.

У періоди з 29 до 35 та з 36 до 42 доби встановлена різниця за середньодобовими приростами живої маси курчат-бройлерів другої третьої дослідної групи в порівнянні з першою контрольною групою були вищими відповідно на 13,4 % та 12,65 %. Тоді, як у період з 29 до 35 діб середньодобовими приростами живої маси курчат-бройлерів третьої дослідної та першої контрольної групи були однаковими і становили 75,7 г/добу, а в період з 36 до 42 доби включно вони були вищими в третій дослідній групі на 7,8 %.

Середньодобовими приростами живої маси курчат-бройлерів в

середньому за 42 доби становили, г: у першій контрольній групі 57,9; у другій дослідній групі 62,3 і у третій дослідній групі 60,1. Різниця між другою дослідною групою склала 7,6 %, а третьою і контролем – 3,8 %.

Висновки і перспективи.

Експериментальним шляхом було встановлено, що протеїнат купруму є найбільш ефективною комплексною сполукою цього мікроелемента за показниками живої маси курчат-бройлерів та їх середньодобових і абсолютних приростів порівнюючи з сульфатом. Оптимальною дозою протеїнату купруму можна вважати 16,5 г елемента на 1 т комбікорму.

References

1. Aviagen. (2016). ROSS 308 Parent Stock: Nutrition Specifications, Aviagen Inc. Huntsville, AL. Accessed Jun. 8 p.URL: http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_PS/Ross308-PS-NS-2016-EN.pdf
2. Chowdhury S.D., Paik I.K., Namkung H., Lim H.S. (2004). Responses of broiler chickens to organic copper fed in the form of copper-methionine chelate. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 115. Is. 3–4. P. 281–293. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.03.009>
3. Cobb-vantress. (2013). Breeder Management Supplement. Cobb Vantress Inc., Siloam Springs, AR.
4. Das T. K., Mondal M. K., Biswas P., Bairagi B., Samanta C. C. (2010). Influence of Level of Dietary Inorganic and Organic Copper and Energy Level on the Performance and Nutrient Utilization of Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 23(1), P. 82–89. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.60150>
5. dos Santos T. S., Augusto K.V.Z., Han Y., Sartori M.M.P., Denadai J.C., Santos C.T., Sobral N.C., Roça R.O., Sartori J.R. (2021). High levels of copper and zinc supplementation in broiler diets on growth performance, carcass traits and apparent ileal mineral absorption. *British Poultry Science*. Vol. 62. Is. 4. P. 579–588. <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1887453>
6. El-Hady A.M.A. (2019). Effect of dietary sources and levels of copper supplementation on growth performance, blood parameters and slaughter traits of broiler chickens. *Egyptian Poultry Science Journal*. Vol.39. Is. 4. P.897–912 <https://doi.org/10.21608/epsj.2019.67513>
7. El-Kazaz S.E., Hafez M.H. (2019). Evaluation of copper nanoparticles and copper sulfate effect on immune status, behavior, and productive performance of broilers. *Journal of advanced veterinary and animal research*. Vol. 7(1). P.16–25. <https://doi.org/10.5455/javar.2020.g388>
8. Feng C., Xie B., Wuren Q., Gao M. (2020). Meta-analysis of the correlation

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

between dietary copper supply and broiler performance. PLoS ONE. Vol. 15 (5). e0232876.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232876>

9. Gou Z., Fan Q., Li L., Wang Y., Lin X., Cui X., Ye J., Ding F., Cheng Z., Abouelezz K., Jiang. (2021). High dietary copper induces oxidative stress and leads to decreased egg quality and reproductive performance of Chinese Yellow broiler breeder hens. Poultry Science, Vol. 100, 100779. P. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.033>.

10. Kuzmenko, O., Bomko, V., Tytariova, O., Horchanok, A., Babenko, S., Slomchynskyi, M., Cherniavskyi, O. (2021). Productivity of Young Rabbits at Different Sources of Cuprum in the Mixed Fodder. Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun., 69(2), 203-209. doi: 10.11118/actaun.2021.017

11. Lin G., Guo Y., Liu B., Wang R., Su X., Yu D., He P. (2020). Optimal dietary copper requirements and relative bioavailability for weanling pigs fed either copper proteinate or tribasic copper chloride. Journal of Animal Science and Biotechnology. Vol.11. №54. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00457-y>

12. López-Alonso M., Miranda M. (2020). Copper Supplementation, A Challenge in Cattle. Animals (Basel). Vol. 10 (10). P. 1890. <https://doi.org/10.3390/ani10101890>

13. Lu W.B., Kuang Y.G., Ma Z.X., Liu Y.G. (2020). The effect of feeding broiler with inorganic, organic, and coated trace minerals on performance, economics, and retention of copper and zinc. Journal of Applied Poultry

Research. Vol. 29. Is. 4, P. 1084-1090. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.10.002>.

14. Muszyński S., Tomaszewska E., Kwiecień M., Dobrowolski P., Tomczyk A. (2018). Effect of Dietary Phytase Supplementation on Bone and Hyaline Cartilage Development of Broilers Fed with Organically Complexed Copper in a Cu-Deficient Diet. Biological Trace Element Research. Vol.182. P. 339–353. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1092-1>

15. NRC. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. Ninth Revised Edition. National Academy Press, Washington, D.C. <https://www.nap.edu/read/2114/chapter/1>

16. Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A., Józefiak D. (2014). The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: Review and implications of recent studies. World's Poultry Science Journal. Vol. 70(3). P. 475-486. <https://doi.org/0043933914000531>

17. Wen A., Dai S., Wu X., Cai Z. (2019). Copper bioavailability, mineral utilization, and lipid metabolism in broilers. Czech Journal Of Animal Science. Vol. 64. P. 483-490. <https://doi.org/10.17221/210/2019-CJAS>

18. Bomko V. S. Chernachuk M.M. Smetanina O.V. Bomko L.G. Merzlov S.V. (2020). Patent na kory`snu model` #144924 «Sposib zbagachennya kormovogo zerna mikroelementamy». URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=272253>

INFLUENCE OF DIFFERENT SOURCES OF CUPRUM IN COMPOUND FEEDS ON THE PRODUCTIVITY OF BROILER CHICKENS

V.S. Bomko, M.S. Zakharchuk, O.M. Tytariova.

Abstract. Aimed to study the effective use of different doses of cuprum proteinate in the diet of broiler chickens, three groups of animals were formed with 50 chicks in each. Chickens from the 1st control group received cuprum sulphate as a part of compound feed, and animals from the 2nd and 3rd experimental groups received cuprum proteinate. The concentration of Cuprum in the feed in the 1st and 2nd groups was identical, and in the 3rd experimental group the amount of Cuprum was reduced by 25% compared to the control. During scientific and economic experiment, it was found that the replacement of cuprum sulphate with its proteinate with the same concentration in the feed has a positive effect on the average daily gain of broiler chickens, and therefore a live weight. Thus, the animals from the 2nd experimental

Бомко В. С., Захарчук М. С., Титирьова О. М.

group exceeded control analogues by 7.5% in average daily gain and by 9.4% in body mass at the end of the experiment.

Reducing the concentration of Cuprum in the feed of chickens from the 3rd experimental group by 25% (the source of the microelement is cuprum proteinate) compared to the control also had a positive effect on the productivity of these animals. They exceeded control analogues in terms of average daily weight gain by 3.8%, and in terms of live weight by 5.8%.

At the same time the direct correlation between animal productivity and quantity of the consumed feed was noted. Thus, broilers from the 2nd experimental group consumed more feed by 3.3% compared to control peers. The chickens from the 3rd experimental group exceeded controls by 1.5% in this index.

Thus, cuprum proteinate is a more efficient source of Cuprum for broiler feed. The concentration of this microelement in the feed of these animals aged 5-21 days should be 18.2 g/t, 22–35 days - 16.8 g/t, 36–42 days - 12 g/t or 16.5 g/t on average during the experiment.

Key words: *body mass, live weight gain, organic forms of microelements, cuprum proteinate*

УДК 636.2.034

БЛАГОПОЛУЧЧЯ ТВАРИН МОЛОЧНОГО СТАДА
В.В. НЕДОСЄКОВ, доктор ветеринарних наук, професор

E-mail: nedosekov06@gmail.com

Г.В. ПЕТЬКУН, лікар ветеринарної медицини, магістр

E-mail: hanna-korol@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://doi.org/dopovidi2021.04.011>

Анотація. *Благополуччя тварин викликає все більшу зацікавленість у всьому світі, а особливо в розвинутих країнах, які мають ресурси задля встановлення оптимальних систем менеджменту для продуктивних тварин і розуміння, що благополуччя тварин є основою інноваційного молочного скотарства.*

У статті, на основі аналізу, синтезу та узагальнення наукової літератури, результатів наукової експертної оцінки благополуччя тварин визначено проблеми благополуччя тварин на молочних фермах, розглянуто методи оцінки благополуччя та обґрунтовано важливість імплементації благополуччя та протоколів менеджменту в молочному скотарстві.

Базовою проблемою благополуччя тварин молочного стада є інтенсифікація, тому представлені основні програми оцінки благополуччя – FARM, The Code of welfare, Welfare Quality та IDSW, які створені та використовуються у практиці виробництва молока, відповідно до стандартів благополуччя тварин.

В Україні актуальним є гармонізація законодавства до норм ЄС і створення системи оцінки благополуччя тварин молочного стада, а також інформаційна та просвітницька діяльність, тренінги з благополуччя тварин на молочних фермах для стейкхолдерів та практичні підходи до імплементації благополуччя тварин у виробництві.

Ключові слова: *благополуччя, молочне скотарство, оцінка благополуччя, менеджмент, продуктивні тварини*

Актуальність. У розвинутих країнах світу роль благополуччя тварин і якості життя тварин невіддільно зростає. Аналіз законодавчої бази ЄС, проведення аудитів та експертиз, участь у різних обговореннях цього питання дає змогу стверджувати, що благополуччя тварин є візитівкою у світ якісного харчування людей та

інноваційного скотарства, а також є основою сталого розвитку суспільства.

Вважаємо, що в цьому й є основна філософія благополуччя тварин — їх гуманне, гідне утримання та отримання продуктів високої якості [4,6].

Суспільства розвинених країн, під впливом вимог споживача та

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

інформаційних кампаній за захист тварин, усе більше турбуються умовами, у яких утримуються тварини на фермах. Така турбота призвела до запровадження законодавчих рішень щодо благополуччя тварин [4]. У сучасном тваринництві, благополуччя тварин є важливою складовою молочного виробництва [1, 2, 3].

Термін благополуччя відображає світові тенденції формування умов життя сільськогосподарських тварин. Європейська Конвенція про захист сільськогосподарських тварин 1976 року визначає благополуччя, як задоволення потреб тварин.

З урахуванням вищесказаного й за відсутності провідних консалтингових та наукових груп, які консолідують наукові дослідження й консалтинг щодо благополуччя тварин, нами було проведено аналіз стану благополуччя дійного стада для оцінки готовності стейкхолдерів до політики сприяння благополуччю тварин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Благополуччя тварин (animal welfare) визначається поєднанням трьох взаємопов'язаних компонентів: фізичного, психічного і природного стану певних тварин, а також, безумовно, нашого гуманного ставлення до задоволення їх потреб. Благополуччя означає, що тварина відчуває позитивні емоції (радість та задоволення), а не лише негативні (страх і біль), які треба враховувати

оцінюючи благополуччя [4]. У цифровому значенні, благополуччя важко визначити та є багато точок зору та позицій щодо благополуччя тварин, які виникають у результаті розбіжностей у цінностях та досвіді суспільства [5].

«Благополуччя тварин» – це комплексне поняття, яке характеризує фізичний, психічний і природний стан тварин у певний момент і можливість її задовольняти свої потреби. Благополуччя тварин дає нам можливість зрозуміти стан тварини в заданий час, як тварина справляється з умовами, в яких вона перебуває та можливі наслідки в перспективі, та базується на 3 критеріях: 1) здоров'я тварин, 2) емоційний стан тварини 3) здатність тварини проявляти свою звичну поведінку [6,7, 8].

В Україні питання благополуччя тварин актуалізовані низкою авторів та вимагають подальшого дослідження [23, 24, 25]

Метою нашої роботи є аналіз стану благополуччя тварин молочного стада (дійних корів), перспективи розвитку та імплементації на національному та європейському рівнях.

Методи. У роботі використані методи аналізу, синтезу, узагальнення науково-методичної та спеціальної літератури щодо благополуччя корів, матеріали досліджень закордонних вчених та результати власних експертних оцінок.

Результати досліджень та їх обговорення. У Європейському Союзі (ЄС) з 1974 р. імплементован широкий спектр законодавчих положень/регламентів щодо благополуччя тварин, відповідно до яких, усі держави-члени ЄС мають враховувати вимоги щодо благополуччя тварин на всіх етапах виробництва в рамках політики ЄС (благополуччя тварин під час утримання, транспортування та під час забою тварин).

Важливим чинником є розуміння законодавчих аспектів різного рівня та прикладів кращої практики (Best practices): а) директиви і практика Євросоюзу, б) директиви і практика кожної країни Європи в) національні директиви країн не ЄС. Отже, потрібно розуміти та враховувати, оцінюючи благополуччя, всі три законодавчі особливості, які активно обговорюються спільнотою і сподіваємось, що в майбутньому буде знайдено певний компроміс.

На цей момент практика ЄС базується на директивах, які встановлюють мінімальні стандарти щодо благополуччя тварин, відповідно до Концепції «П'яти свобод»:

Директива Ради ЄС 98/58 застосовується до всіх тварин, що вирощуються або утримуються для виробництва їжі, вовни, шкіри або хутра. Ця директива включає основні принципи: тварин заборонено розводити/годувати у спосіб, який

може травмувати/спричинити страждання; – за тваринами мають доглядати компетентні фахівці; – інспектувати не рідше 1 разу на день, а травмованим/хворим тваринам потрібно негайно надати лікування; – усі тварини, мають мати достатньо місця для пересування без зайвих страждань/травм; – встановлюються основні критерії для будівель та середовища проживання, враховуючи світову програму; – жодна тварина не має утримуватися в умовах, що шкодять її здоров'ю та благополуччю [17].

Директива Ради ЄС 2008/119 регулює мінімальні стандарти щодо утримання телят. Вимоги зосереджені на стандартах розміщення, зокрема, до групового утримання телят старше 8 тижнів за інтенсивних системах вирощування телят, збалансованої годівлі, адаптованої до потреб телят і передбачає забезпечення поведінкових функцій телят [18, 19].

Директива Ради ЄС 1/2005 про захист тварин під час транспортування та пов'язаних із ними операцій. Критичними моментами регламенту є вимоги до авторизованих перевізників (обов'язкова сертифікація щодо благополуччя); обладнання транспортних засобів (системами вентиляції, водопостачання та супутниковою навігації); чіткий регламент переміщення тварин, стан та транспортні практики

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

(навантаження, під час транспортування, розвантаження), а також щільність тварин для кожної вікової групи тварин [20]. Крім того, імплементовані додаткові правила для поїздок довше 8 годин (максимальний ризик для благополуччя) [18].

Директива Ради ЄС 1099/2009 викладає правила забою тварин, та вводить стандартні операційні процедури з благополуччя тварин під час забою. Так, оглушення тварин перед забоєм є обов'язковим, зі списком дозволених методів для оглушення, залежно від виду тварин, водночас, дозволяється ритуальний забій без оглушення (халяльне/кошерне м'ясо) [21].

За останні 40 років ЄС прийняв та імплементував низку законів щодо благополуччя тварин, що сприяє стабільності харчового ланцюга ЄС, вирішує етичні проблеми споживачів і, пропонує інноваційні виробничі системи. Імплементация правил ЄС із благополуччя тварин проводиться через аудит, навчання, наукову експертизу та консалтинг.

Безумовно, законодавство не є досконалим, але ЄС показав, що можна створити законодавство, яке забезпечує значний рівень благополуччя корів, але на цьому тлі в державах членах ЄС є постійний полілог, щодо інформованості та освіти, законодавства та імплементції благополуччя.

У 2021 році в Україні було прийнято новий закон про ветеринарну медицину, що імплементує 14 актів ЄС. Принциповим моментом закону є розділ щодо благополуччя тварин, який містить статті щодо вимог до потужностей, годування та поїння, розведення, транспортування та забою тварин. Безумовно, більшість пунктів повторюють вимоги ЄС, але обмежена інформація щодо благополуччя тварин дійного стада.

Стаття 39 містить вимоги щодо потужностей та приміщень (повинні мати зручний дизайн без гострих кутів для унеможливлення травмування, з належним рівнем освітлення, параметрів мікроклімату та комфортних умов для тварин), де утримуються тварини.

Згідно зі статтею 41 щодо транспортування тварин, операторам ринку заборонено транспортування тварин, яке може завдати зайві страждання/травмування, транспортування має здійснюватися максимально швидко, транспортні засоби повинні мати безпечну конструкцію і відповідати розмірам тварин, поїння та годування мають здійснюватись згідно вимог.

Стаття 42, щодо забезпечення благополуччя тварин під час забою, рекомендує забезпечити належне поводження з тваринами, що не завдає їм болю, страху чи страждань. Ці правила не поширюються на забій під час полювання, рекреаційної

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

риболовлі, культурних та спортивних заходів і наукових дослідів. Також ця стаття не поширюється на забій за межами бійні для власних потреб та забій тварин, що здійснюється відповідно до релігійних традицій.

Безумовно, положення цього закону не є достатніми для забезпечення благополуччя тварин, проте сама наявність такого розуміння та встановлення мінімальних вимог уже є великим кроком уперед та відкриває нові можливості.

Крім того, важливу роль у забезпеченні необхідного розуміння законодавства та іновацій, відіграють наукові дослідження, які роблять благополуччя тварин економічно доцільним.

Інтенсивне молочне тваринництво є однією з найбільших проблем благополуччя молочних корів, що вимагає постійного контролю. Безумовно, підприємства прагнуть до компромісу між продуктивністю і благополуччям корів (зменшення інтервалу між отеленнями) і, з одного боку, це має позитивний вплив на витрати, але виникають проблеми здоров'я тварин [9].

На даний момент для молочного стада є низка показників здоров'я, які є індикаторами благополуччя. Одним із показників є **кількість соматичних клітин**, який використовується в ЄС для моніторингу якості та гігієни молока.

Так, у 4 з 5 перевірених ферм тести на кількість соматичних клітин використовуються для моніторингу кількості соматичних клітин упродовж багатьох років [9].

Оцінка стану тіла широко використовується у світовій практиці, але дані в літературі не представлені. У наших дослідженнях нами була запронована система (0,1,2,3 бала) для оцінки стану корів (Недосєков В.В., 2019, неопубліковані дані)

Оцінка кульгавості застосовується на рівні ферм у ЄС, як ступінь ураження й оцінюється через моніторинг опорно-рухової системи тварин, але результати також доступні лише фермеру та експерту.

Легкість отелення – головний показник, який використовують асоціації тваринників ЄС для поліпшення благополуччя корів, а також зменшення травматизму під час отелення та забезпечення кращих репродуктивних показників [9].

Отже, основною проблемою є те, що результати оцінки переважно залишаються на рівні ферм, тому результати аудиту фермерських господарств із молочного стада не можна порівнювати і дані не достовірні для аналізу проблем молочного сектора.

Позитивним моментом був проєкт у Польщі, який зібрав дані понад 7000 корів у 69 господарствах упродовж восьмирічного періоду. Встановлено, що лише 10 % корів були забезпечені правильно

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

складеними раціонами, та/або мали належний рівень менеджменту стада.

В Естонії, проведений аналіз Асоціації тваринників, показав доцільність використання 17 параметрів (середній надій молока, обсяг виробництва, фертильність, кількість соматичних клітин, тривалість життя, легкість отелення та ін), які використовуються в консалтингу.

В Ірландії фермери використовують Economic Bovine Index (EBI) для визначення оптимальних биків і корів для ротації племінного стада, з додавання індексу легкості отелення, здоров'я (мастит, кульгавість та соматична кількість клітин) та менеджменту стада.

З огляду на вищенаведене важливим є об'єктивна оцінка благополуччя корів для виявлення критичних точок їх менеджменту, які потребують поліпшення й можуть бути використані для визначення інвестиційних пріоритетів.

На даний момент кілька систем оцінки благополуччя дійних корів: у ЄС – European Welfare Quality, Новій Зеландії – The Code of welfare, а в США – система FARM [1].

Welfare Quality є аббревіатурою європейського дослідницького проєкту “Інтеграція благополуччя тварин у ланцюг якості харчових продуктів: від громадської турботи до поліпшення благополуччя та прозорості якості”, який орієнтований на інтеграцію благополуччя тварин у

ланцюг якості харчових продуктів [10]. Подвійним завданням Welfare Quality є визначення проблем благополуччя корів, а з іншого боку, інформування споживачей щодо благополуччя тварин [11].

Welfare Quality має 4 принципи благополуччя: належна годівля, належне утримання, міцне здоров'я та відповідна поведінка корів. Зі свого боку принципи містять 12 критеріїв, що оцінюються від 0 до 100 балів [1]. Рівень благополуччя ферми визначається за 4 критеріями: 1) відмінний (рівень благополуччя тварин чудовий; 2) покращений (благополуччя тварин належне); 3) прийнятний (благополуччя тварин вище мінімальних вимог); та 4) не класифікований (рівень благополуччя тварин низький) [11]. Отже, цей проєкт спрямований на задоволення потреб суспільства, на розвиток систем моніторингу на фермах, інформаційних підходів, що спрямовані на покращення благополуччя тварин [1, 10].

У Новій Зеландії був створен The Code of welfare і відповідно до Закону, на основі поєднання публічних пропозицій та результатів наукової експертизи, створені ще 18 "кодів" для різних груп тварин. Кодекс застосовується до всіх груп молочного стада: телят, биків, сухостійних чи лактуючих корів і містить мінімальні стандарти щодо благополуччя та менеджменту молочного стада [12].

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

Для фермерів кодекс є обов'язковим, але аудит проводиться незалежною організацією і спрямован на обізнаність фермерів і піклування щодо благополуччя тварин [12].

Програма FARM (USA) була створена Національною федерацією виробників молока та Dairy Management inc., як добровільна програма, і 98 % внутрішнього постачання молока в США походить із ферм, що беруть участь у програмі FARM (аудит благополуччя за рахунок переробників) [13, 14, 15].

Комп'ютерна інтегрована система діагностики благополуччя тварин (IDSW) була створена щоб інформувати та підвищення продуктивності ферми на основі оцінки благополуччя корів за такими критеріями: а) довкілля; б) годівля та в) стан тварин [1]. Модель IDSW оцінює обидва чинники, що впливають на благополуччя тварин (управління) та чинники, що забезпечують безпосередню оцінку благополуччя (оцінка стану корів) [16].

Отже, усі програми створені для імплементації стандартів благополуччя тварин на фермах та надання гарантій споживачам. Наявність систем оцінки благополуччя молочних корів є важливим для забезпечення високого рівня благополуччя тварин, а також є хорошим інструментом для менеджмента молочного стада [1].

Інтенсифікація тваринництва, що забезпечує більшу економічну ефективність створює багато загроз для здоров'я тварин і залишається однією з найбільших проблем благополуччя тварин. Прагнення до прибутку знижує можливість реалізувати принципи сталого розвитку.

Упродовж багатьох років споживачі ЄС усе частіше висловлювали свою думку для кращого інформування щодо умов вирощування тварин. Інформація, щодо благополуччя тварин, існує щодо деяких продуктів завдяки законодавству чи приватним ініціативам, але більшість вимог щодо благополуччя тварин є добровільними. У будь-якому випадку, для більшості товарів не існує гармонізованої системи.

Незважаючи на те, що молочне скотарство є однією зі стратегічних галузей тваринництва України, благополуччя на молочних фермах є недостатньо вивченим і висвітленим.

Раніше, нами був започаткован Європейський підхід «Сигнали корів» у межах Українсько – Нідерландського проєкту «Сигнали корів», який дозволяв відпрацювати базові аспекти благополуччя тварин у науково-дослідних господарства НУБіП, але це поодинокі випадки. (Недосєков В.В., 2012, неопубліковані дані).

У перспективі досліджень важливим є аналіз досвідів інших

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

країн у цій сфері та запровадження системи оцінки благополуччя, а також розробки та імплементації протоколів, щодо благополуччя тварин в Україні на основі концепції «Пяти свобод».

Крім того, підвищення обізнаності стейкхолдерів та офіційних осіб має важливе значення для забезпечення належного дотримання правил ЄС щодо благополуччя тварин, що передбачає враховувати національні, регіональні та локальні мережі, різна підтримка і розуміння цільової аудиторії (як фермерів, так і виробників, держслужбовців, науковців і освітян та ін).

Також, пріоритетними є наукові дослідження благополуччя тварин та розробка сучасних підходів для правового забезпечення благополуччя тварин, що дасть змогу покращити ситуацію з благополуччя тварин, популяризація благополуччя тварин та інформування фермерів. Благополуччя корів – це не зайві економічні втрати, а додаткові можливості для інтеграції продукції, як на локальних, так і на світових та європейських ринках.

Висновки. За останні 40 років Європейський Союз прийняв масштабний і вдосконалений спектр законів щодо благополуччя тварин.

Показано, що в ЄС імplementована низка законопроектів щодо благополуччя тварин, що сприяє стабільності харчового

ланцюга ЄС, дає можливість знайти компроміс між виробниками молочної продукції та споживачами на основі низки інструментів гармонізації правозастосування через аудит, навчання, наукову експертизу та консалтинг.

У 2021 році Верховною Радою було прийнято новий Закон про ветеринарну медицинуЮ, який є максимально наближеним до Європейського Законодавства. Закон врегульовує ключові питання, що стосуються захисту здоров'я та забезпечення благополуччя тварин.

Однак, вважаємо, що положень цього закону недостатньо для повноцінного забезпечення благополуччя тварин молочного стада, що потребує актуалізації низки законодавчих актів щодо благополуччя, виключно тварин молочного стада.

Встановлено, що для молочного стада застосовується низка фізіологічних критеріїв здоров'я тварин (кількість соматичних клітин, оцінка кульгавості, легкість отелення, оцінка стану тіла, оцінка методів та підходів менеджменту молочного стада), які треба використати, як показники благополуччя в системі експертної оцінки благополуччя тварин молочного стада в Україні.

На практиці є кілька систем оцінки благополуччя дійних корів. У в європейських країнах – European Welfare Quality, Новій Зеландії – The Code of welfare, у США – система

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

FARM, система IDSW та ін. Ці програми створені для забезпечення високого рівня благополуччя корів щодо чинних стандартів благополуччя тварин.

Вважаємо, що треба розробити алгоритм імплементації кращих практик щодо благополуччя корів в

Список використаних джерел

1. Krueger A., Cruickshank J., Trevisi E., Bionaz M. Systems for evaluation of welfare on dairy farms. *Journal of Dairy Research*. 2020. No. 87. P. 13-19.

2. Madzingira O. Animal Welfare Considerations in Food-Producing Animals. 2018. P. 99-122.

3. Яценко І. В., Ключев О. М., Угровецький О. П., Сімакова-Єфремян Е. Б., Дереча Л. М., Дереча Л. М., Недосєков В. В., Забезпечення благополуччя тварин, що використовуються для наукових цілей, та їх захист від жорстокого поводження в правовому полі Європейського Союзу та України. *Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft*. 2021. P. 57-66.

4. Mroczek J. Dobrostan zwierząt jako element retardacji przekształcania zasobów w produkcji zwierzęcej. *Inżynieria Ekologiczna*. 2013. No 34. P. 181-188.

5. Hewson C.J. What is animal welfare? Common definitions and their practical consequences. *Canadian Veterinary Journal*. 2003 No 44. P. 496-499

6. Недосєков В.В., Блах Т., Ситюк М.П., Мартинюк О.Г., Мельник В.В., Юстинюк В.Є. Основи біобезпеки та благополуччя тварин. Ніжин, 2021. 252 с.

7. Broom D. Sentience and animal welfare: New thoughts and controversies. Response to commentary on broom on animal welfare. *Animal Sentience*. 2016. No 57. P. 1-8.

8. Fraser D., Weary D.M., Pajor E.A., Milligan B.N. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare*. 1997. No P. 187-205

9. Overview report Welfare of Cattle on Dairy Farms. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. 16 p.

Україні на основі оцінки стану благополуччя корів, вдосконалення законодавчої бази в Україні, наукових досліджень проблем благополуччя корів та імплементації ефективних програм контролю благополуччя тварин молочного стада в Україні.

10. Canali E., Keeling L. Welfare Quality® project: from scientific research to on farm assessment of animal welfare. *Italian Journal of Animal Science*. No 8. P. 900-903.

11. Botreau R., Veissier I., Perny P. Overall assessment of animal welfare: strategy adopted in Welfare Quality®. *Animal Welfare*. 2009. No 18 P.363-370

12. New Zealand Dairy cattle: Animal Welfare (Dairy Cattle) Code of Welfare 2010: a code of welfare issued under the Animal Welfare Act. National Animal Welfare Advisory Committee, Wellington, NZ

13. FARM Animal care version 4.0 requirements & corrective actions. In Book Animal Care Version 4.0 Requirements & Corrective Actions. Series Animal Care Version 4.0 Requirements & Corrective Actions. FARM Program URL: <https://nationaldairyfarm.com/wp-content/uploads/2020/03/FARM-AC-V4-Requirements-Corrective-Actions.pdf>

14. Jordan K, Cook N, Darr D, DeCoite C, Doak R, Endres M, Humphrey P, Keyserlingk NV, Maddox S, Mahoney J, Mickelson A, Olson K, Raasch T, Retallick K, Riddell G, Treichler B, Tucker C and White J Farmers Assuring Responsible Management: Animal Care Reference Manual. URL: <https://nationaldairyfarm.com/wp-content/uploads/2018/10/Version-3-Manual-1.pdf>

15. FARM. Animal Care Reference Manual version 4. National Dairy FARM Program. URL: <https://nationaldairyfarm.com/wp-content/uploads/2020/02/Animal-Care-V4-Manual-Print-Friendly.pdf>

16. Calamari L., Bertoni G. Model to evaluate welfare in dairy cow farms. *Italian Journal of Animal Science* 2009. No 8. P. 301-323.

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

17. Council Directive 98/58/EC of 20 July 1998 concerning the protection of animals kept for farming purposes (OJ L 221, 8.8.1998, p. 23).

18. Simonin D., Gavinelli A., The European Union legislation on animal welfare: state of play, enforcement and future activities. *Animal Welfare: from Science to Law*. 2019. P.59-70

19. Council Directive 2008/119/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of calves (OJ L 10, 15.1.2009, p. 7).

20. Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directive 64/442/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97 (OJ L 3, 5.1.2005, p. 1)

21. Council Regulation (EC) No 1099/2009 of 24 September on the protection of animals at the time of killing (OJ L 303, 18.11.2009, p. 1).

22. Animal Welfare in the European Union. 2017. 78p.

23. Кос'янчук Н. І., Недосєков В. В. Здоров'я та добробут тварин. Научный взгляд в будущее. 2016. С. 18-23

24. Недосєков В. В., Кравченко А. Г., Клейменов И. С., Клейменова Н. В. Благополучие кур-несушек в промышленном производстве. Вестник аграрной науки. 2020. №4(85). С. 66-77. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.4.66>

25. Недосєков В.В., Криця Я.В. Аналіз стану благополуччя коней. Наукові доповіді НУБіП України, 2021. (2(90)). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/14745>

References

1. Krueger, A., Cruickshank, J., Trevisi, E., & Bionaz, M. (2020). Systems for evaluation of welfare on dairy farms. *Journal of Dairy Research*, 87(S1), 13-19. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000461>

2. Madzingira, O. (2018). Animal welfare considerations in food-producing animals. *Animal Welfare*; IntechOpen: London, UK, 99. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.78223>

3. Yatsenko, I.V., Kliuiev, O.M., Uhrovetskyi, O.P., Simakova-Iefremian, E.B., Derecha, L.M, Derecha L.M, Nedosiekov V.V. (2021) Zabezpechennia blahopoluchchia tvaryn, shcho vykorystovuiutsia dlia naukovykh tsilei, ta yikh zakhyst vid zhorstokoho povodzhennia v pravovomu poli Yevropeiskoho Soiuzu ta Ukrainy. *Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft*. (6-2), 57-66. <https://doi.org/10.24412/2701-8369-2021-6-2-57-66>

4. Mroczek J. (2013) Dobrostan zwierząt jako element retardacji przekształcania zasobów w produkcji zwierzęcej. *Inżynieria Ekologiczna* (34). 181-188.

5. Hewson CJ. (2003) What is animal welfare? Common definitions and their practical consequences. *Canadian Veterinary Journal* (44) 496-499

6. Nedosekov, V.V., Blakha, T., Sytiuk, M.P., Martyniuk, O.H., Melnyk, V.V., Yustyniuk, V.Ye. (2021) Osnovy biobezpeky ta blahopoluchchia tvaryn. [Basics of biosafety and animal welfare] Nizhyn, Ukraine 252.

7. Broom, D. (2016) Sentience and animal welfare: New thoughts and controversies. Response to commentary on broom on animal welfare. *Animal Sentience* (57). 1-8.

8. Fraser, D., Weary, D. M., Pajor, E. A., & Milligan, B. N. (1997). A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. Overview report Welfare of Cattle on Dairy Farms. (2017) Luxembourg: Publications Office of the European Union, 1-16

9. Canali, E., Keeling, L. (2009) Welfare Quality® project: from scientific research to on farm assessment of animal welfare, *Italian Journal of Animal Science*, 8:sup2, 900-903, DOI: 10.4081/ijas.2009.s2.900

10. Botreau, R., Veissier, I., Perny, P. (2009) Overall assessment of animal welfare: strategy adopted in Welfare Quality®. *Animal Welfare*(18) 363-370

11. New Zealand Dairy cattle: Animal Welfare (Dairy Cattle) Code of Welfare 2010 : a code of welfare issued under the Animal

Недосєков В. В., Петькун Г. В.

Welfare Act. National Animal Welfare Advisory Committee, Wellington, NZ

12. FARM (2019) Animal care version 4.0 requirements & corrective actions. In Book Animal Care Version 4.0 Requirements & Corrective Actions. Series Animal Care Version 4.0 Requirements & Corrective Actions. FARM Program Available at: <https://nationaldairyfarm.com/wp-content/uploads/2020/03/FARM-AC-V4-Requirements-Corrective-Actions.pdf>

13. Jordan, K., Cook, N., Darr, D., DeCoite, C., Doak, R., Endres, M., Humphrey, P., Keyserlingk, N.V., Maddox, S., Mahoney, J., Mickelson, A., Olson, K., Raasch, T., Retallick, K., Riddell, G., Treichler, B., Tucker, C. and White, J. (2016) Farmers Assuring Responsible Management: Animal Care Reference Manual. Available at: <https://nationaldairyfarm.com/wp-content/uploads/2018/10/Version-3-Manual-1.pdf>

14. FARM (2020) Animal Care Reference Manual version 4. National Dairy FARM Program. URL: <https://nationaldairyfarm.com/wp-content/uploads/2020/02/Animal-Care-V4-Manual-Print-Friendly.pdf>

15. Calamari, L., Bertoni, G. (2009) Model to evaluate welfare in dairy cow farms. Italian Journal of Animal Science. (8) 301–323. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.301>

16. (1998). Council Directive 98/58/EC of 20 July 1998 concerning the protection of animals kept for farming purposes (OJ L 221, 8.8.1998, p. 23).

17. Simonin, D., Gavinelli, A. (2019). The European Union legislation on animal welfare: state of play, enforcement and future

activities. Animal Welfare: from Science to Law, 59-70

18. (2009). Council Directive 2008/119/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of calves (OJ L 10, 15.1.2009, p. 7).

19. (2005). Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directive 64/442/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97 (OJ L 3, 5.1.2005, p. 1)

20. (2009). Council Regulation (EC) No 1099/2009 of 24 September on the protection of animals at the time of killing (OJ L 303, 18.11.2009, p. 1).

21. (2017). Animal Welfare in the European Union 78p. <https://doi.org/10.2861/79436>

22. Kos'yanchuk, N., Nedosekov, V. (2016). Zdorovya ta dobrobut tvaryn [Animal health and welfare]. Intellectual potential of the XXI century, 18-23. URL: <http://www.sworld.education/conference/year-conference-sw/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/nov-2016>

23. Nedosekov, V., Kravchenko, A., Kleimenov, I. (2020). Blahopoluchchia kurei-nesuchok v industrialnomu vyrobnytstvi [Welfare of laying hens in the industrial production]. Bulletin of Agricultural Science, 4 (85), 66-77. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.4.66>

24. Nedosekov V. V., Krytsia, Ya. V. (2021). Analiz stanu blahopoluchchia konei. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy, (2(90) <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/14745>

ANIMAL WELFARE OF DAIRY FARM

V. V. Nedosekov, H. V. Petkun

Abstract. Dairy animal welfare is of growing interest around the world, especially in developed countries, which have animal welfare programs and resources to establish optimal management systems for cows and understand that animal welfare is the foundation of innovative dairy farming.

The article, based on the analysis, synthesis and generalization of world research and the results of own scientific expert assessment of animal welfare identifies the main problems of animal welfare on dairy farms, considers methods of assessing

animal welfare in the world and substantiates the importance of implementing welfare programs and management protocols in dairy farming.

Thus, in dairy farming, animal welfare is an important component based on world regulations. The analysis of regulations requires an understanding of the legislative aspects of different levels and examples of best practice: a) EU directives and practices, b) directives and practices of each European country c) national directives of non-EU countries, which must take into account all three legislative features.

It has been shown that the EU has implemented a number of animal welfare acts, compromises between dairy producers and consumers on a number of instruments to harmonize law enforcement through audit, training, scientific expertise and consulting, and contributes to the stability of the EU food chain.

In Ukraine, it is important to harmonize legislation with European Union norms and create a system for assessing the welfare of dairy animals, as well as information and educational activities and training on animal welfare on dairy farms for stakeholders and practical approaches to implementing animal welfare in production.

We launched the European approach "Signals of cows" within the Ukrainian-Dutch project "Dairy farm", which allowed to work out the basic aspects of animal welfare in research farms NULES.

In 2021, a new law on veterinary medicine was adopted, which implements 14 EU acts and includes a section on animal welfare, which is already a big step forward and opens new opportunities.

However, in addition to the provisions on the welfare of calves (harmonization with Regulation 98/58 EC) do not consider regulations on the welfare of the dairy herd, which is not enough to develop the dairy industry in a global transformation.

The article presents the basic indicators of welfare of cows, which are used in European countries and which we use in expert assessments. However, systemic data to assess the welfare of cows is not enough, because it is in the plane of consulting, which does not allow the analysis of the welfare of cows.

In the context of globalization, the basic problem of animal welfare on dairy farms is the intensification, so the main welfare assessment programs (FARM, The Code of welfare, Welfare Quality and IDSW), which are widely used in milk production in accordance with current animal welfare standards.

Intensification of animal husbandry, which provides greater economic efficiency, poses many threats to animal health and remains one of the biggest problems of animal welfare. The desire for profit reduces the ability to implement the principles of sustainable development.

We consider it expedient to develop and implement programs for assessing the welfare of cows in Ukraine. So in the EU there is a voluntary WQ program that certifies producers and aims to meet the needs of society, develop a reliable monitoring system on farms and improve the welfare of cows in general. In New Zealand, the Code of welfare has been implemented, which forms awareness of farmers and care for animal welfare. Almost 98% of US farms are members of the FARM (USA) program, which is positioned as a voluntary program and a number of others.

Thus, despite the fact that dairy farming is one of the strategic sectors of animal husbandry in Ukraine, the welfare of dairy farms is insufficiently studied and covered. In the perspective of research, it is important to analyze the experience of other countries in this area and the introduction of a system of welfare assessment, as well as the development and implementation of protocols on animal welfare in Ukraine based on the concept of "Five Freedoms".

It is important to raise the awareness of stakeholders and officials to ensure proper compliance with EU animal welfare rules, taking into account national, regional and local networks, different support and understanding of the target audience (both farmers and producers, civil servants, scientists and educators, etc.).

Also a priority is research on animal welfare, as well as the development of modern approaches to the legal provision of animal welfare, which will improve animal welfare.

Thus, in order to ensure a high level of welfare of cows in relation to world standards of animal welfare, the priority is to assess the welfare of cows, improve the legal framework in Ukraine, further research in this area, implementation of effective programs to control the welfare of dairy animals.

Key words: *welfare, dairy farm, cow welfare, welfare assessment, management, productive animals*

УДК 636.4.09.087.7:591.436

**МІКРОСКОПІЧНА БУДОВА ПЕЧІНКИ СВИНЕЙ
ЗА ЗАСТОСУВАННЯ У ГОДІВЛІ НАТУРАЛЬНИХ
КОРМОВИХ ДОБАВОК LG-MAX І СЕЛ-ПЛЕКС**

С. А. ТКАЧУК, доктор ветеринарних наук, професор

E-mail: ohdin@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

І. В. ЯЦЕНКО, доктор ветеринарних наук, професор

E-mail: yacenko-1971@ukr.net

Харківська державна зооветеринарна академія

Я. К. СЕРДЮКОВ, кандидат ветеринарних наук, доцент

E-mail: yargog80@ukr.net

Л. В. ТКАЧИК, кандидат ветеринарних наук

E-mail: tkluz78@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

А. І. КРАВЧЕНКО, головний ветеринарний лікар

Ветеринарний центр «ЛікоВет», м. Ужгород

<https://doi.org/dopovid2021.04.012>

Анотація: Застосування кормових добавок, що складаються з органічних компонентів і вміщують жирні кислоти, а саме поліненасичені жирні кислоти, сімейства омега-3, є необхідним для регуляції численних біологічних процесів і підтримки метаболічного гомеостазу організму.

Матеріалом для дослідження слугував молодняк свиней м'ясо-сальної породи (ландрас+велика біла) і зразки м'язової тканини з найдовшого м'язу спини (m.L ongissimus dorsi) свиней, відібраних на рівні 10–12 грудних хребців, під час забою, наприкінці дослідного періоду.

Для гістологічного дослідження відібраний матеріал фіксували у 10 % розчині формаліну за Ліллі, заливали в парафін, виготовляли гістозрізи товщиною 10 мкм, які зафарбовували гематоксиліном Караці та еозином. Отримані препарати досліджували під світловим мікроскопом на фотонасадці Micros MCQ-2000.

Печінка свиней дослідних груп за зовнішніми ознаками не відрізнялася від печінки свиней контрольної групи. Натомість, за проведенням гістологічним дослідженням печінки свиней дослідної групи, яким згодовували кормову добавку LG-MAX 2,0 г/добу, встановили наявність поодиноких дистрофічних процесів у гепатоцитах; у печінці свиней дослідної групи свиней, яким згодовували кормову добавку LG-MAX 4,0 г/добу – наявність зернистої і жирової інфільтративної дистрофії та гіперемії судин всередині часточки, та у печінці свиней, яким згодовували кормову добавку LG-MAX 2,0 г/добу разом із Сел-Плекс – окрім цього, встановлена слабковиражена лімфогістіоцитарна інфільтрація стромы.

Ключові слова: *молодняк свиней, печінка, мікроскопічна будова, кормові добавки LG-MAX і Сел-Плекс*

Актуальність. Організація годівлі свиней різних вікових груп, згідно з технологією виробництва, має бути забезпечена можливістю застосування нових кормових добавок, розроблених фахівцями та підтвердженими науковими дослідженнями. Основним результатом наукових досліджень є доведення їх безпечності та якості згідно з призначенням.

Відомо, що кормові антибіотики та гормони заборонені під час відгодівлі свиней, тому акцент ставиться на застосування кормових добавок, а саме: ферментів, у вигляді композицій з мультиензимами, внесення пребіотичних і пробіотичних препаратів, органічних кислот для підкислювання, фітобіотичних препаратів, сорбуючих і препаратів з амінокислотами та мінеральними речовинами [1,2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування кормових добавок, що складаються з органічних компонентів і вміщують жирні кислоти, а саме поліненасичені жирні кислоти, сімейства омега-3, є необхідним для регуляції численних біологічних процесів і підтримки метаболічного гомеостазу організму [3], зниження рівня холестерину в крові, зменшення ризику серцево-судинних захворювань та поліпшення якості м'яса.

Окрім цього, Омега-3 поліненасичені жирні кислоти можуть діяти, як сигнальні молекули, модулюючи протизапальну відповідь та контролюючи клітинні процеси, що беруть участь у запрограмованій загибелі клітин (апоптоз), проліферації лімфоцитів, інактивації запальних цитокінів і фагоцитозі [4].

Регуляція доступності ліпідів для інших тканин, поглинання та синтез ліпідів і секреція ліпопротеїдів відбувається в печінці. Окрім жирової тканини, печінка є одним з основних місць синтезу, як холестерину, так і тригліцеридів жирних кислот. Синтез тригліцеридів залежить від наявності жирних кислот, які отримуються завдяки синтезу *de novo*, отриманому з дієти або вивільненому з тканин [5]. Окислення жирної кислоти відбувається в печінкових мітохондріях і пероксисомах.

Наведені вище функції печінки щодо регуляції ліпідного обміну відбувається в організмі, як тварин, так і людини. Вчені все частіше досліджують організм людини, беручи за модель організм свині. Така модель має додаткову перевагу через порівняно аналогічну морфологію тіла, фізіологічні та обмінні процеси у людини, а також високу гомологію послідовності та аналогічну хромосомну структуру з геномом людини, порівняно з іншими

Ткачук С. А., Яценко І. В., Сердюков Я. К., Ткачик Л. В., Кравченко А. І.

домашніми видами тварин [6]. Тому, процеси, виявлені у транскриптомі свиней, швидше схожі на процеси, що відбуваються в організмі людини, та нутрігеномічні і метаболічні дослідження проводять, використовуючи динаміку цих процесів в організмі свиней [7].

Дослідники обирають печінку свиней для вивчення обміну жирних кислот, модулюючи поглинання та синтез ліпідів і секрецію ліпопротеїдів, оскільки вона є органом, який відіграє головну роль у регуляції доступності ліпідів для інших тканин [8,9].

Печінка є найбільшою залозою в організмі тварини. За будовою – це паренхіматозний орган червоно-бурого кольору, який виробляє й виділяє жовч, котра вивідною протокою надходить у дванадцятипалу кишку й там емульгує жири; бере участь в обміні речовин; є місцем відкладання вуглеводів (глікогену); відіграє захисну роль – у печінці руйнуються різні отруйні речовини, що надходять зі шлунку, кишок із кров'ю ворітною веною; синтезує вітаміни А і В₁₂; інактивує гормони; в ембріональний період виконує кровотворну функцію. За вмістом повноцінних білків печінка близька до м'яса. Субпродукти, особливо печінка, багаті вітамінами й мікроелементами [9].

Водночас, печінка є депо вітамінів, виконує детоксикаційну

функцію. Виконання цих функцій забезпечується роботою клітинних елементів її паренхіми – гепатоцитами.

Тому, вивчення будови печінки, як органу, і гепатоцитів, у тому числі, а також зміни її мікроструктури, які виникають за дії тих або інших чинників, є актуальним [10].

Мета – дослідження мікроскопічної будови печінки молодняку свиней після застосування у їх годівлі натуральних кормових добавок LG-MAX та Сел-Плекс.

Матеріали і методи дослідження. Матеріалом для дослідження слугував молодняк свиней м'ясо-сальної породи (ландрас+велика біла) і зразки м'язової тканини з найдовшого м'язу спини (*m. longissimus dorsi*) свиней, відібраних на рівні 10–12 грудних хребців, під час забою, наприкінці дослідного періоду.

Дослідні групи формували із кабанчиків – молодих кастрованих самців свиней.

Для проведення досліджень після 15-добового зрівняльного періоду були сформовані 4 групи аналогів (по 5 голів у контрольній та дослідних групах) за походженням, віком і живою масою. Утримувалися тварини в станках по 5 голів. (табл. 1). У дослідному господарстві застосовують такі періоди вирощування свиней: підсисний період – 28 діб; період дорощування – 30–90 діб; відгодівлі – 90–180 діб.

1. Схема науково-господарського досліду

Група тварин	Кількість тварин	Періоди дослідження		
		зрівняльний	дорощування	відгодівля
Контрольна	5	ОР (основний раціон)	ОР	ОР
Дослідна – Д ₁	5		ОР+2,0 г добавки Lg-max	ОР+2,0 г добавки Lg-max
Дослідна – Д ₂	5		ОР+4,0 г добавки Lg-max	ОР+4,0 г добавки Lg-max
Дослідна – Д ₃	5		ОР+2,0 г добавки Lg-max і Сел-Плекс (0,5 мг/кг).	ОР+2,0 г добавки Lg- max і Сел- Плекс (0,5 мг/кг).

Кормові добавки, для тварин дослідної групи вводили у складі преміксу до комбікорму з урахуванням забезпечення потреби тварин у Омега-3 поліненасичених жирних кислотах (добова потреба свиней у Омега-3 поліненасичених жирних кислотах становить 672 мг. В 1 г дослідної кормової добавки міститься 353 мг Омега-3).

Упродовж усього періоду досліджень тварин годували два рази на добу сухими комбікормами за вільного доступу до води. Під час кожної годівлі свиней корми зважували, а фактичне споживання їх враховували щодоби.

Для гістологічного дослідження відібраний матеріал фіксували у 10 % розчині формаліну за Ліллі, заливали в парафін, виготовляли гістозрізи товщиною 10 мкм, які зафарбовували гематоксиліном Караці та еозином. Отримані препарати досліджували

під світловим мікроскопом на фотонасадці Micros MCQ-2000.

Результати дослідження та їх обговорення. Мікроскопічна будова печінки свиней контрольної групи була типовою для даного виду тварин. Печінкові часточки мали шестикутну форму, в центрі часточок була розташована центральна вена, від якої радіально розходилися синусоїдні капіляри (рис. 1).

Синусоїдні капіляри знаходилися між печінковими пластинками, які складалися з двох рядів клітин гепатоцитів (рис. 1).

Між часточками виявляли потужні прошарки пухкої волокнистої сполучної тканини, в якій знаходилися судини (венозні й артеріальні) та жовчні протоки. Прошарки сполучної тканини чітко відмежовували печінкові часточки одна від одної (рис. 1).

Отримані дані дослідження печінки свиней контрольної групи

збігаються із такими, що отримали інші вчені під час гістологічного дослідження печінки у клінічно здорових тварин [10].

Гепатоцити мали полігональну форму, ядра їх знаходилися в центрі клітини, цитоплазма була однорідною. Деякі гепатоцити були двоядерними (рис. 2).

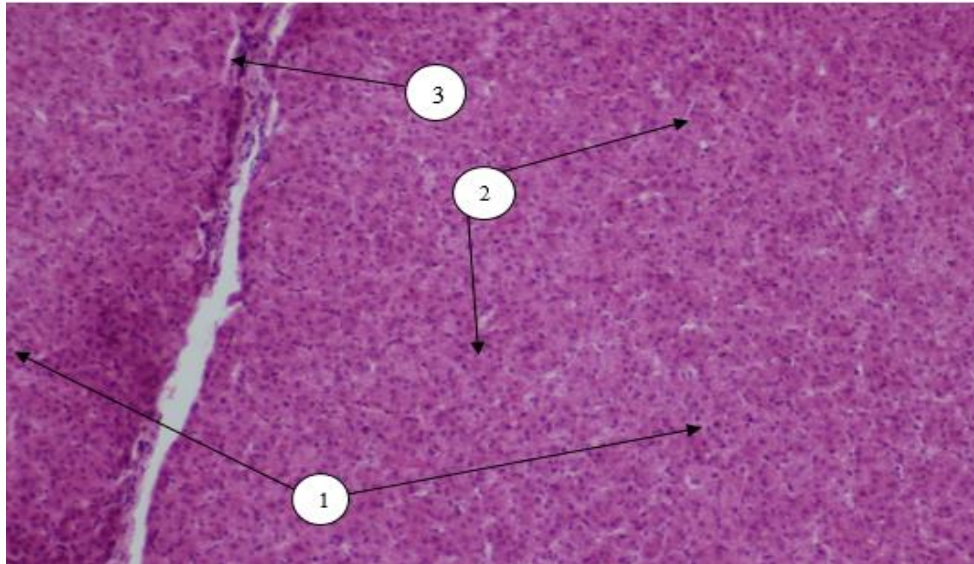


Рис. 1. Мікропрепарат печінки тварин контрольної групи. Печінкові часточки (1). Печінкові пластинки (2). Міжчасточкова сполучна тканина (3). Фарбування гематоксиліном Караці та еозином, x 100

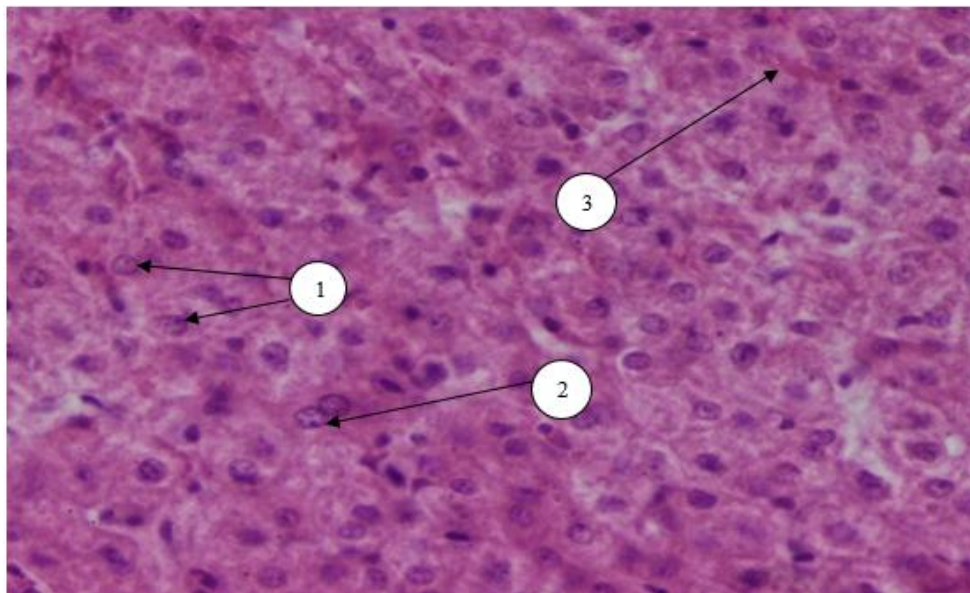


Рис. 2. Мікропрепарат печінки тварин контрольної групи. Гепатоцити (1). Двоядерний гепатоцит (2). Синусоїдний капіляр (3). Фарбування гематоксиліном Караці та еозином, x 400

У печінці тварин групи Д₁ переважна більшість гепатоцитів мала зернисту, нерівномірну

забарвлену, «пінисту» цитоплазму (рис. 3).

Поодинокі гепатоцити нагадували за своїм виглядом

Ткачук С. А., Яценко І. В., Сердюков Я. К., Ткачик Л. В., Кравченко А. І.

адипоцити. Їх цитоплазма була прозорою, а інтенсивно забарвлені ядра були зміщені на периферію клітини (рис. 3). Дистрофічні зміни в

гепатоцитах були менш вираженими, ніж у тварин групи Д₂. Меншою була й кількість уражених клітин.

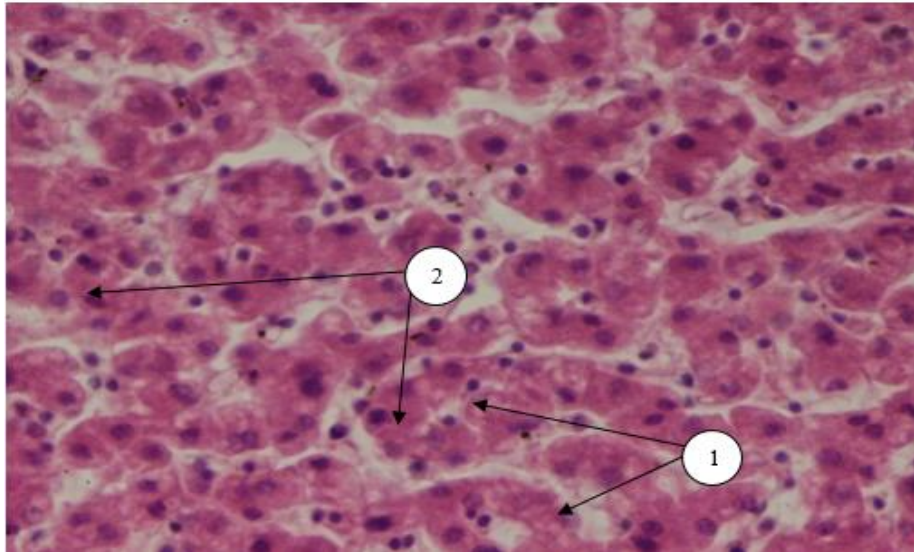


Рис. 3. Мікропрепарат печінки тварин групи Д₁. Гепатоцити в стані зернистої (1) та жирової (2) дистрофії. Фарбування гематоксиліном Караці та еозином, х 400

Спостерігали незначну лімфогістіоцитарну інфільтрацію міжчасточкової сполучної тканини

(рис. 4). Повнокрів'я судин у печінці тварин цієї групи не виявляли.

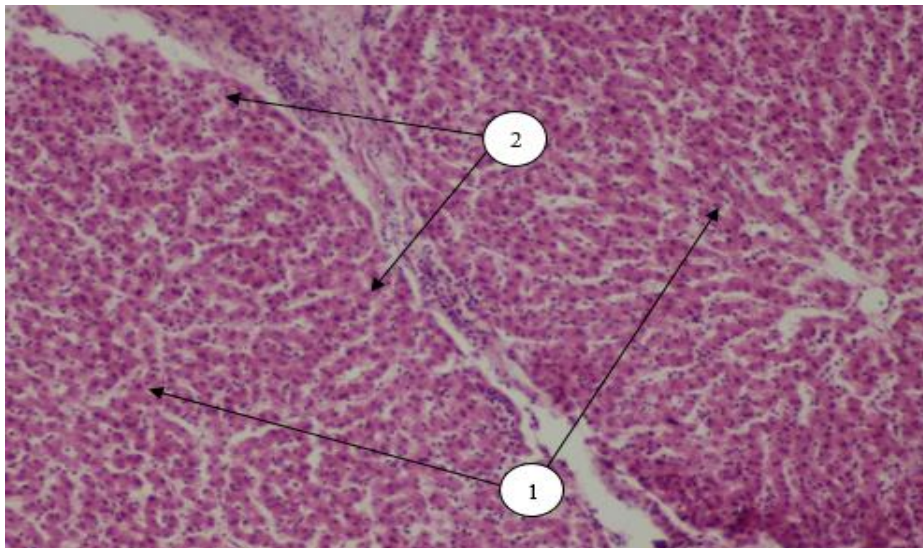


Рис. 4. Мікропрепарат печінки тварин групи Д₁. Печінкові часточки (1). Лімфогістіоцитарна інфільтрація строми (2). Фарбування гематоксиліном Караці та еозином, х 100.

Частина гепатоцитів була методів заливки й фарбування повністю змінена. Такі гепатоцити препаратів ыз клітин вимивається), а нагадували за своїм виглядом інтенсивно забарвлені ядра були адипоцити. Їх цитоплазма була зміщені на периферію клітини (рис. 5).

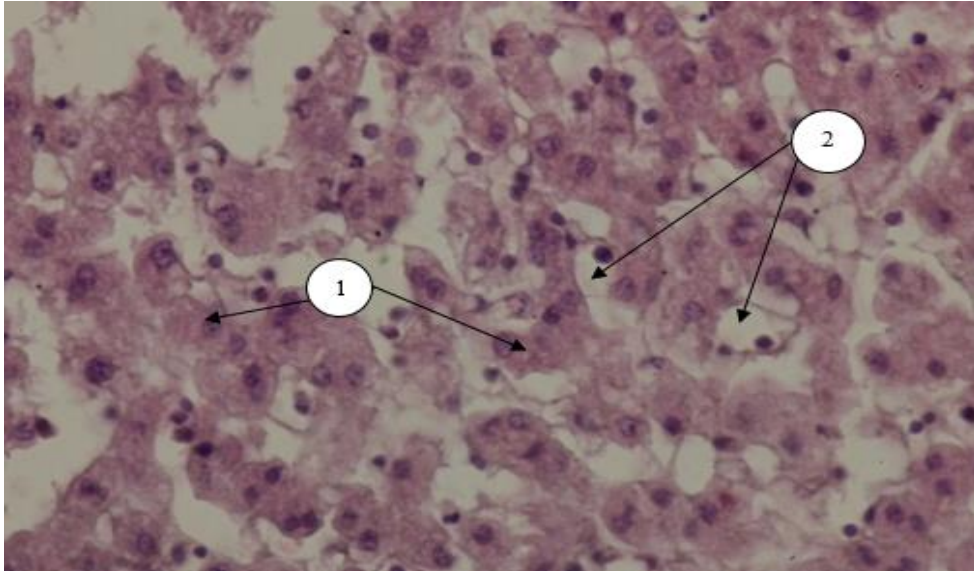


Рис. 5. Мікропрепарат печінки тварин групи Д₂. Гепатоцити в стані зернистої (1) та жирової (2) дистрофії. Фарбування гематоксиліном Караці та еозином, х 400

У печінкових часточках міжчасточковому просторі синусоїдні капіляри були розширені, патологічних змін не спостерігали. переповнені кров'ю (рис. 6). В

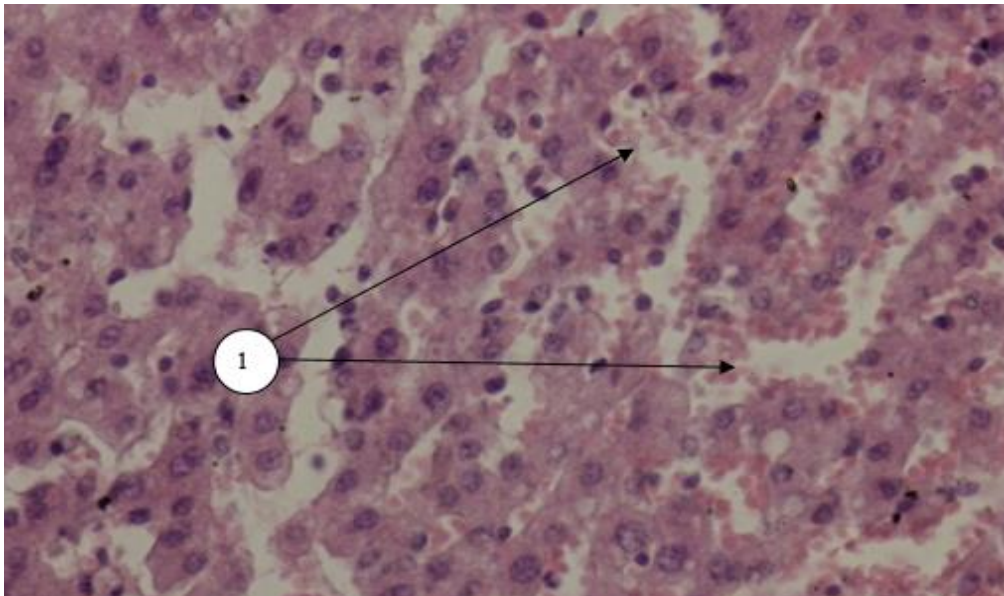


Рис. 6. Мікропрепарат печінки тварин групи Д₂. Розширення і переповнення кров'ю синусоїдних капілярів (1). Фарбування гематоксиліном Караці та еозином, х 400

Зміни в печінці тварин третьої дослідної групи Д₃ нагадували такі в печінці тварин першої і другої дослідних груп. Переважна більшість гепатоцитів мала зернисту, нерівномірно забарвлену, «пінисту» цитоплазму (рис. 7). Дистрофічні

зміни в гепатоцитах були менш вираженими, ніж у тварин другої дослідної групи (Д₂). Меншою була й кількість уражених клітин. Не виявляли гепатоцити у стані жирової дистрофії на препаратах з печінки тварин цієї групи.

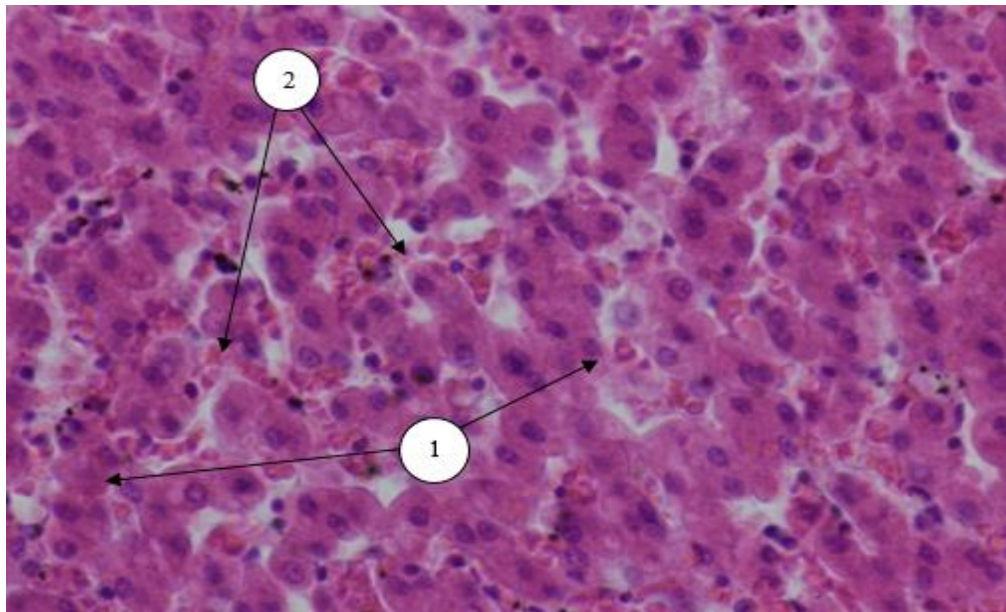


Рис. 7. Мікропрепарат печінки тварин групи Д₃. Гепатоцити в стані зернистої дистрофії (1). Гіперемія синусоїдних капілярів (2). Фарбування гематоксиліном Караці та еозином, х 400

Спостерігали незначну лімфогістіоцитарну інфільтрацію міжчасточкової сполучної тканини (рис. 8). Крім того, на деяких ділянках строми печінки спостерігали

розпушення колагенових волокон, сполучна тканина погано профарбовувалася, тобто, виявлялись ознаки набряку (рис. 8).

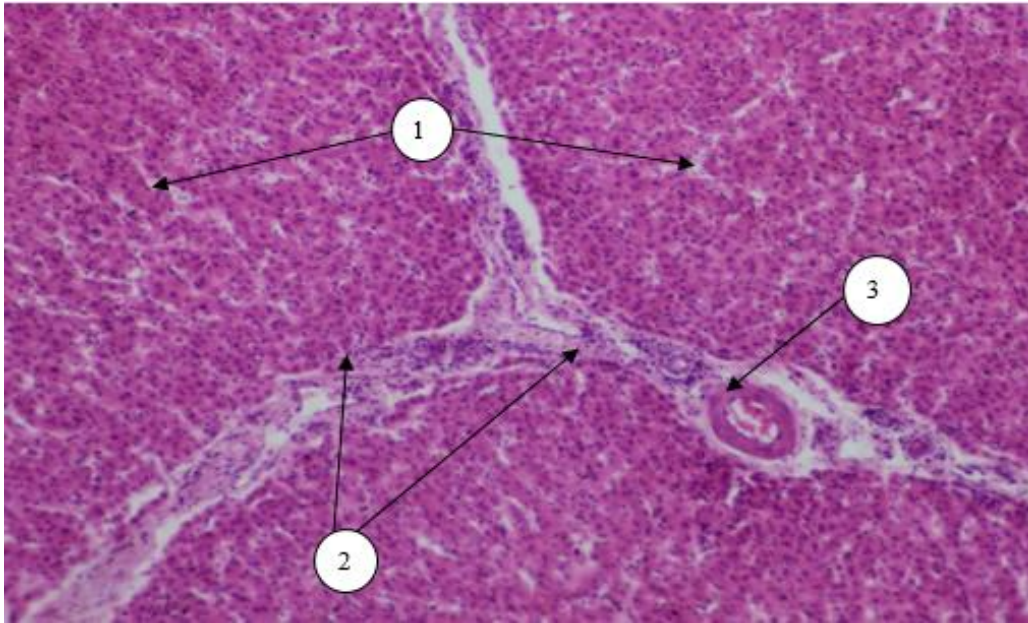


Рис. 8. Мікропрепарат печінки тварин групи Дз. Печінкові часточки (1). Лімфогістіоцитарна інфільтрація строми (2). Набряк строми (3). Фарбування гематоксиліном Караці та еозином, x 100

У печінкових часточках синусоїдні капіляри були розширені, переповнені кров'ю. Також, повнокрів'я спостерігали й в міжчасточкових судинах.

Отже, незначні дистрофічні процеси в гепатоцитах спостерігали в печінці свиней групи Д₁, що отримували на 5 % (2,0 г/добу) більше від добової норми кормової добавки LG-MAX.

Найбільш вираженими були дистрофічні процеси в гепатоцитах (зерниста і жирова інфільтративна дистрофія), гіперемія судин всередині часточки були у тварин групи Д₂, що можна пояснити згодовуванням більшої дози кормової добавки LG-MAX (4,0 г/добу). У тварин групи Д₃ також були вираженими дистрофічні процеси в гепатоцитах (зерниста і жирова інфільтративна дистрофія),

гіперемія судин всередині часточки і міжчасточкових, лімфогістіоцитарна інфільтрація строми. Вочевидь, це можна пояснити додаванням селену, що змінило характер впливу на орган.

Висновки і перспективи

Печінка свиней дослідних груп за зовнішніми ознаками не відрізнялася від печінки свиней контрольної групи.

За проведеним гістологічним дослідженням печінки свиней дослідної групи, яким згодовували кормову добавку LG-MAX 2,0 г/добу, встановили наявність поодиноких дистрофічних процесів у гепатоцитах, у печінці свиней дослідної групи свиней, яким згодовували кормову добавку LG-MAX 4,0 г/добу – наявність зернистої й жирової інфільтративної дистрофії та гіперемії судин всередині часточки,

Ткачук С. А., Яценко І. В., Сердюков Я. К., Ткачик Л. В., Кравченко А. І.

та в печінці свиней, яким згодовували кормову добавку LG-MAX 2,0 г/добу разом із Сел-Плекс – окрім цього,

встановлена слабковиражена лімфогістіоцитарна інфільтрація строми.

Список використаних джерел

1. Козлов С. В. Новые методы фармакологической коррекции и профилактики заболеваний печени у сельскохозяйственных и мелких непродуктивных животных: дис... д. вет. наук: 06.02.01 / Саратов. гос. аграрн. ун-т имени Н. И. Вавилова. Саратов, 2018. 357 с.

2. Vondruskova H., Slamova R., Trckova M., Zraly Z., Pavlik I. Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review. *Veterinarni Medicina*. 2010. Vol. 55 (5). P. 199–224. doi.org/10.17221/2998-VETMED.

3. Stanley W. C., Cox J. W., Asemu G., O'Connell K. A., Dabkowski E. R., Xu W., Ribeiro Jr R. F., Shekar K. C., Hoag S. W., Rastogi S., Sabbah H. N., Daneault C., Rosiers C. Evaluation of docosahexaenoic acid in a dog model of hypertension induced left ventricular hypertrophy. *Journal of cardiovascular translational Research*. 2013. Vol. 6. P. 1000–1010. doi.org/10.1007/s12265-013-9511-y

4. Krugera M. C., Coetzee M., Haag M., Weiler H. Long-chain polyunsaturated fatty acids: Selected mechanisms of action on bone. *Progress in Lipid Research*. 2010. Vol. 49, I. 4. P. 438–449. doi.org/10.1016/j.plipres.2010.06.002

5. Vallim T., Salter A. M. Regulation of hepatic gene expression by saturated fatty acids. *Chemistry, Medicine*. 2011. Vol. 82, I. 4–6, P. 211–218. doi.org/10.1016/j.plefa.2010.02.016.

6. Lunney J. K. Advances in swine biomedical model genomics. *Journal of Biological Sciences*. 2007. Vol. 3. P. 179–184. doi: 10.7150/ijbs.3.179.

7. Szostak A., Ogłuszka M., Pas M. F. W., Poławska E., Urbański P., Juszczuk-Kubiak E., Blicharski T., Pareek C. S., Dunkelberger J. R., Horbańczuk J. O., Pierzchała M. Effect of a diet enriched with omega-6 and omega-3 fatty acids on the pig liver transcriptome. *Genes & Nutrition*. 2016. Vol. 11. I. 9. P. 1–17. DOI: 10.1186/s12263-016-0517-4.

8. Nguyen P., Leray V., Diez M., Serisier S., Le Bloc'h J., Siliart B., Dumon H. Liver lipid metabolism. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2008. Vol. 92. P. 272–283. doi.org/10.1111/j.1439-0396.2007.00752.x

9. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г. Дослідження мікроскопічної будови печінки та головного мозку свиней як показник екологічної безпеки. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 3. С. 60–62.

10. Гуральська С. В., Горальський Л. П., Горальська І. Ю. Мікроскопічна будова та морфометричні показники печінки домашніх тварин. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. № 2 (42). Т. 1. С. 160–164.

References

1. Kozlov, S. V. Novye metody farmakologicheskoy korrektsii i profilaktiki zbolevanij pecheni u sel'skohozyajstvennyh i melkih neproduktivnyh zhivotnyh [New methods of pharmacological correction and prevention of liver diseases in agricultural and small unproductive animals]: dis... d. vet. nauk: 06.02.01 / Saratov. gos. agrarn. un-t imeni N. I. Vavilova. Saratov, 2018. 357 s. [in Russia].

2. Vondruskova, H., Slamova, R., Trckova, M., Zraly, Z., Pavlik, I. (2010). Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review. *Veterinarni Medicina*. 55 (5), P. 199–224. doi.org/10.17221/2998-VETMED.

3. Stanley, W. C., Cox, J. W., Asemu, G., O'Connell, K. A., Dabkowski, E. R., Xu, W., Ribeiro, Jr. R. F., Shekar, K. C., Hoag, S. W., Rastogi, S., Sabbah, H. N., Daneault, C., Rosiers, C. (2013). Evaluation of docosahexaenoic acid in a dog model of hypertension induced left ventricular hypertrophy. *Journal of cardiovascular translational Research*. 6, 1000–1010. doi.org/10.1007/s12265-013-9511-y.

4. Krugera, M. C., Coetzee, M., Haag, M., Weiler, H. Long-chain polyunsaturated fatty acids: Selected mechanisms of action on bone. *Progress in Lipid Research*. 2010. 49, 4.

Ткачук С. А., Яценко І. В., Сердюков Я. К., Ткачик Л. В., Кравченко А. І.

438–449.

doi.org/10.1016/j.plipres.2010.06.002

5. Vallim, T., Salter, A. M. (2011). Regulation of hepatic gene expression by saturated fatty acids. *Chemistry, Medicine*. 82, 4–6, 211–218.

doi.org/10.1016/j.plefa.2010.02.016.

6. Lunney, J. K. (2007). Advances in swine biomedical model genomics. *Journal of Biological Sciences*. 3, 179–184. doi: 10.7150/ijbs.3.179.

7. Szostak, A., Ogłuszka, M., Pas, M. F. W., Poławska, E., Urbański, P., Juszczuk-Kubiak, E., Blicharski, T., Pareek, C. S., Dunkelberger, J. R., Horbańczuk, J. O., Pierzchała, M. (2016). Effect of a diet enriched with omega-6 and omega-3 fatty acids on the pig liver transcriptome. *Genes & Nutrition*. 11, 9, 1–17. DOI: 10.1186/s12263-016-0517-4.

8. Nguyen, P., Leray, V., Diez, M., Serisier, S., Le Bloc'h, J., Siliart, B., Dumon, H. (2008). Liver lipid metabolism. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*. 92, 272–283. doi.org/10.1111/j.1439-0396.2007.00752.x

9. Birta, H. O., Burhu, Yu. H. (2011). Doslidzhennia mikroskopichnoi budovy pechinky ta holovnoho mozku svynei yak pokaznyk ekolohichnoi bezpeky [Study of the microscopic structure of the liver and brain of pigs as an indicator of environmental safety]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 3, 60–62. [in Ukrainian].

10. Hural'ska, S. V., Horalskyi, L. P., Horalska, I. Yu. (2014). Mikroskopichna budova ta morfometrychni pokaznyky pechinky domashnikh tvaryn [Microscopic structure and morphometric parameters of the liver of domestic animals]. *Visnyk ZhNAEU*. 2 (42), 1, 160–164. [in Ukrainian].

МИКРОСКОПИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПЕЧЕНИ СВИНЕЙ ЗА ПРИМЕНЕНИЕ В КОРМЛЕНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК LG-MAX И СЕЛ-ПЛЕКС

С. А. Ткачук, И. В. Яценко, Я. К. Сердюков, Л. В. Ткачик, А. И. Кравченко

Аннотация: Применение кормовых добавок, состоящих из органических компонентов и содержащих жирные кислоты, а именно полиненасыщенные жирные кислоты, семейства омега-3, необходимо для регуляции многочисленных биологических процессов и поддержки метаболического гомеостаза организма.

Материалом данного исследования был молодняк свиней мясо-сальной породы (ландрас + крупная белая) и образцы мышечной ткани с длиннейшей мышцы спины (т. *Longissimus dorsi*) свиней, отобранных на уровне 10-12 грудных позвонков, во время забоя, в конце периода исследования.

Для гистологического исследования отобранный материал фиксировали в 10% растворе формалина по Лилли, заливали в парафин, изготавливали гистосрезы толщиной 10 мкм, которые окрашивали гематоксилином Караци и эозином. Полученные препараты исследовали под световым микроскопом с фотонасадкой Micros MCQ-2000.

Печень свиней опытных групп по внешним признакам не отличалась от печени свиней контрольной группы. Однако, по проведенным гистологическим исследованием печени свиней опытной группы, которым скармливали кормовую добавку LG-MAX 2,0 г / сутки, установили наличие единичных дистрофических процессов в гепатоцитах, в печени свиней опытной группы, которым скармливали кормовую добавку LG-MAX 4,0 г / сутки – наличие зернистой и жировой инфильтративной дистрофии и гиперемии сосудов внутри дольки, и в печени свиней которым скармливали кормовую добавку LG-MAX 2,0 г / сутки

Ткачук С. А., Яценко І. В., Сердюков Я. К., Ткачик Л. В., Кравченко А. І.

вместе с Сел-Плекс – кроме этого, установлена слабовыраженный лимфогистиоцитарная инфильтрация стромы.

Ключевые слова: *молодняк свиней, печень, микроскопическое строение, кормовые добавки LG-MAX и Сел-Плекс*

MICROSCOPIC STRUCTURE OF PIG LIVER FOR USE IN FEEDING OF NATURAL FEED ADDITIVES LG-MAX AND SEL-PLEX

S. A. Tkachuk, I. V. Yatsenko, Ya. K. Serdyukov, L. V. Tkachik,
A. I. Kravchenko

Abstract: *The use of feed additives consisting of organic components and containing fatty acids, namely polyunsaturated fatty acids, of the omega-3 family, is necessary for the regulation of numerous biological processes and support of the body's metabolic homeostasis.*

The material for this study was young meat-lard pigs (Landrace + Large White) and muscle tissue samples from the longissimus dorsi (m. Longissimus dorsi) pigs taken at the level of 10-12 thoracic vertebrae, at the time of slaughter, at the end of the study period.

For histological examination, the selected material was fixed in a 10% formalin solution according to Lilly, embedded in paraffin, and histosections with a thickness of 10 µm were made, which were stained with Karatsi's hematoxylin and eosin. The obtained preparations were examined under a light microscope with a Micros MCQ-2000 photo attachment.

The liver of the pigs in the experimental groups did not differ in appearance from the liver of the pigs in the control group. However, according to the histological examination of the liver of the pigs of the experimental group, which were fed the feed additive LG-MAX 2.0 g / day, the presence of single dystrophic processes in hepatocytes was established in the liver of the pigs of the experimental group, which were fed the feed additive LG-MAX 4.0 g / day - the presence of granular and fatty infiltrative dystrophy and vascular hyperemia inside the lobule, and in the liver of pigs that were fed the feed additive LG-MAX 2.0 g / day together with Sel-Plex - in addition, a weakly expressed lymphohistiocytic infiltration of the stroma was established.

Key words: *young pigs, liver, microscopic structure, feed additives LG-MAX and Sel-Plex*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ПРИВОДУ НА СКЛАДАХ ВУГЛЕВОДНІВ**В. А. КОРЕНДА, О. С. ПРОТАСОВ, І. Ю. ВИШНЯКОВ, Н. Л. ЦІРЕНЬ,
Т. Л. ЄРЕМЕНКО, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ, Л. Ф. СТРИНАД***Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»***З. С. СІРКО**, кандидат технічних наук*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: z.sirko@ukr.net

<https://doi.org/dopovidi2021.04.013>

Анотація. Найважливішим чинником підвищення енергоефективності підприємств та організацій Держрезерву являється раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Підприємства нафтового напрямку не являються найбільш енергоємними в системі Держрезерву, проте зменшення споживання електроенергії являється важливим чинником у зниженні собівартості їх продукції. Упродовж останніх 10-15 років у світі спостерігається широке й успішне впровадження частотно-регульованого електроприводу для вирішення різних технологічних завдань у багатьох галузях економіки. Встановлення частотних перетворювачів на насосне обладнання нафтобаз дає можливість плавного регулювання режимів їх роботи. При цьому завантаження електродвигунів насосів буде оптимальним, а втрати електроенергії мінімальними.

Ключові слова: насос, частотний перетворювач, нафтобаза, трубопровід

Актуальність. На нафтобазах основним споживачем електроенергії являється насосне обладнання. Технологічний процес роботи цих підприємств передбачає реверсну перекачку паливно-мастильних матеріалів між резервуарами та залізничними й автоцистернами. Особливістю роботи нафтобаз являється нерівномірність завантаження обладнання через різну потребу в кількості перекачаних нафтопродуктів із часом, тому завантаження насосної станції буде також не рівномірним через різну

величину тиску та подачі в трубопроводах. Для підтримки заданого режиму роботи насосної станції за зміни зовнішніх чинників, що впливають на її роботу, необхідно проводити контроль і регулювання режимів роботи насосних установок. Ця функція може бути розділена на два напрями: регулювання гідравлічних режимів роботи насосів, який застосовується на нафтобазах, і регулювання енергоефективності роботи обладнання насосної станції. Для насосних установок відцентрового типу застосовують такі

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Цірень Н. Л., Єременко Т. Л., Торчилевський Д. П.,
Стринад Л. Ф., Сірко З. С.

способи контролювання тиску й подачі рідини [1]:

- дроселюванням трубопроводу;
- перепуском частини потоку рідини з вихідного патрубку насоса у вхідний (байпасування);
- підключенням і відключенням насосів (ступеневе регулювання);
- зміною швидкості обертання робочого колеса насоса.

Частотно-регульований привод (Variable Frequency Drive, VFD) - система управління частотою обертання ротора асинхронного (або синхронного) електродвигуна.

Складається з власне електродвигуна і частотного перетворювача.

Перетворювач частоти управляє електричним двигуном і являє собою електронний статичний пристрій. На виході перетворювача формується електрична напруга зі змінними амплітудою і частотою.

Назва «частотно-регульований електропривод» зумовлено тим, що регулювання швидкості обертання двигуна здійснюється зміною частоти напруги живлення, що подається на двигун від перетворювача частоти. Схема частотно-регульованого приводу приведена на рис.1.

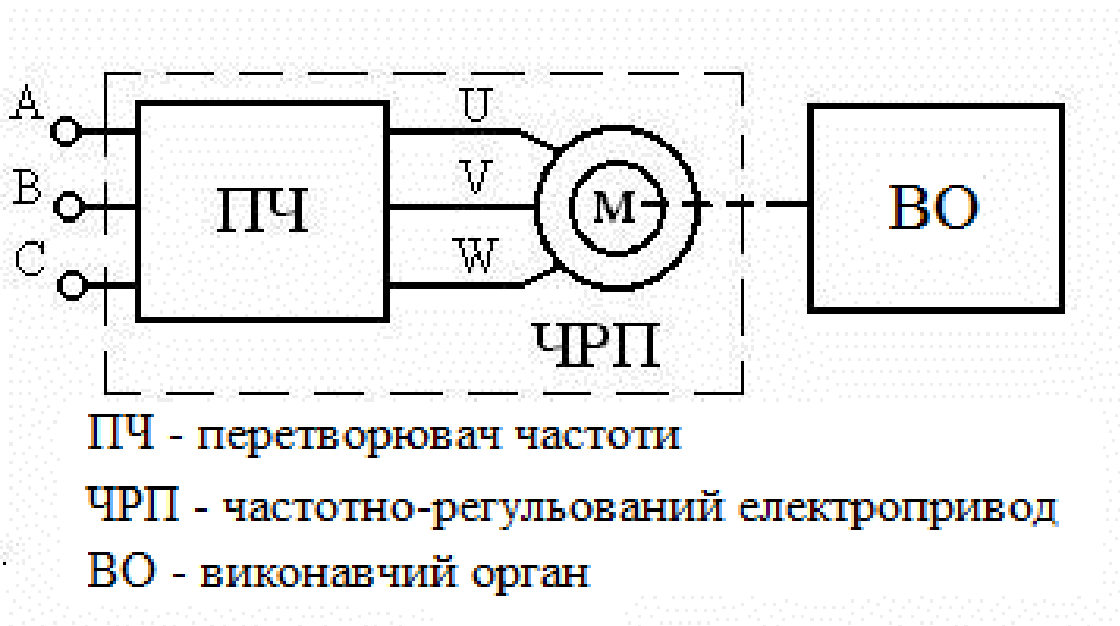


Рис. 1. Схема частотно-регульованого приводу.

Методика досліджень.

Використання перетворювачів частоти для керування насосами дозволяє:

- знизити втрати електроенергії, та знос обладнання пов'язані з регулюванням продуктивності за допомогою дроселюючих клапанів.

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Цірень Н. Л., Єременко Т. Л., Торчилевський Д. П.,
Стринад Л. Ф., Сірко З. С.

- зменшити навантаження електродвигуна і, як наслідок, знизити електроспоживання за збереження необхідної потужності насосу [2].

Розрахунок техніко-економічних показників впровадження частотно-регульованого електроприводу виконаний на прикладі ДО "Комбінат "Айстра" м. Чернігів. Основною метою діяльності комбінату є приймання, зберігання та відвантаження нафтопродуктів державного матеріального резерву. Виробничі потужності на злив-наливі залізничних цистерн і автотранспорту дозволяють здійснювати вантажні операції з продуктивністю 350 тонн за годину.

Об'єкт, де припускається встановлення частотних перетворювачів на насоси поділяється на три частини: продуктова насосна станція №1, зливно-наливна естакада

ліва частина та зливно-наливна естакада права частина.

Частоті перетворювачі відповідної потужності з панелями керування марки АВВ АСQ580 передбачається встановлювати на найбільш завантажені насоси [2].

Частотні перетворювачі сімейства АСQ580 були розроблені першочергово для систем водопостачання та водовідведення і підходить як для управління швидкістю двигуна одного насоса, так і управління групою насосів. Частотні перетворювачі АСQ580 дозволяють знизити витрати при експлуатації і обслуговуванні насосних систем завдяки різноманітним вбудованим функціям. Завдяки вбудованим насосним функціям частотний перетворювач підтримує оптимальну роботу системи, оптимізуючи, водночас, витрати електроенергії.

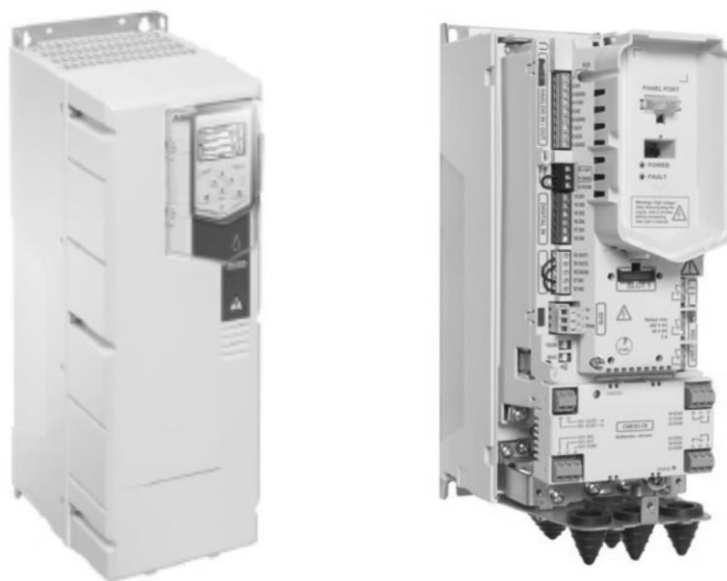


Рис. 2. Частотний перетворювач АВВ АСQ 580 настінного типу

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Цірень Н. Л., Єременко Т. Л., Торчилевський Д. П.,
Стринад Л. Ф., Сірко З. С.

Техніко-економічні показники допомогою комп'ютерної програми встановлення частотних PUMP SAVE наданого виробником перетворювачів розраховуються за АВВ.

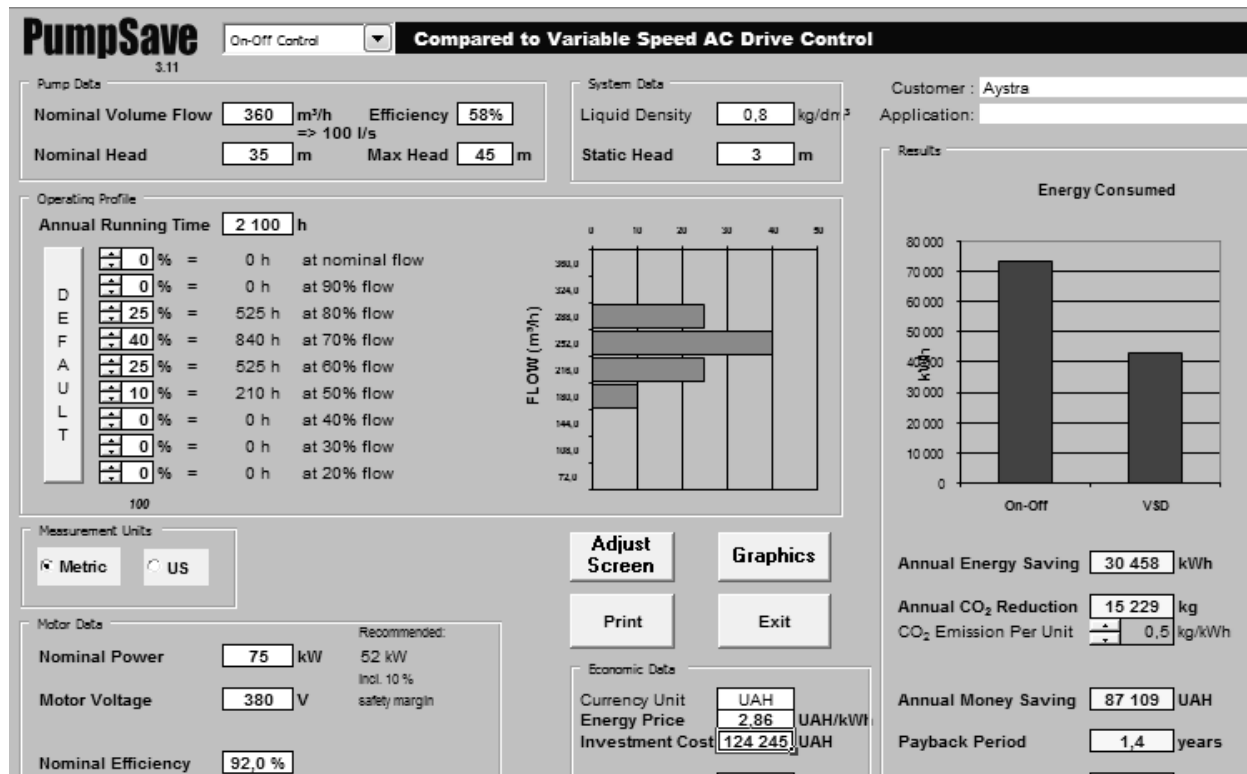


Рис. 3. Розрахунок техніко економічних показників для насоса за допомогою комп'ютерної програми PUMP SAVE

У таблиці 1 приведені технічні необхідно обладнати частотними характеристиками насосів, якої перетворювачами.

1. Технічні характеристики насосів, на яких планується встановити частотні перетворювачі

Умовне позначення насосу	№1 6НДВ(б)	№3 6НДВ(б)	СМ-150	6НДВ(б)
Місце встановлення	Продуктова насосна станція №1		Зливно-наливна естакада ліва сторона	Зливно-наливна естакада права сторона
Продуктивність, м³/год	360	360	145	360
Потужність двигуна, кВт	55	75	30	55
ККД двигуна	92	91,4	91,4	92
Середній час роботи на рік, год/рік	2100	2100	2100	2100

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Цірень Н. Л., Єременко Т. Л., Торчиловський Д. П.,
Стринад Л. Ф., Сірко З. С.

Мета дослідження – використання частотно-регульованого приводу для керування насосами.

Результати досліджень. Розраховано такі техніко-економічні показники впровадження частотно-регульованого електроприводу:

- економія електроенергії в натуральній та грошовій величині: 90 тис. кВт·год або 270 тис.грн;

- капітальні затрати на впровадження частотних перетворювачів – 540 тис. грн;

- простий та дисконтований (з врахуванням інфляції) терміни окупності: 2,0 та 2,5 років;

- внутрішню норму рентабельності проекту на період 10 років (гарантія виробника на обладнання) – 46,8 %;

- чисту приведену вартість проекту на період 10 років (гарантія виробника на обладнання) – 950 тис.грн.

Висновки. За допомогою розрахованих техніко-економічних показників впровадження частотно-регульованого електроприводу на ДО

“Комбінат ”Айстра” та технічних особливостей даного обладнання можна зробити наступні висновки:

- цей захід дозволить підприємству зекономити електроенергію до 25 % річного споживання та продовжити термін експлуатації обладнання;

- цей захід являється економічно рентабельним, його впровадження дозволить повернути вкладені кошти через 2,5 років та в подальшому отримувати фінансову вигоду.

Рекомендації. Використання частотно-регульованого приводу рекомендовано для використання на підприємствах нафтового напрямку системи Держрезерву України.

Для підвищення точності показників економії електроенергії рекомендовано також запровадити системи технічного обліку електроенергії для кожної одиниці насосного обладнання, де встановлюються частотні перетворювачі з виводом даних на сервер підприємства.

Список використаних джерел

1. П. Шубак, Д. Борст, Чернявський А.В. Посібник з енергоаудиту. Консультування підприємств щодо енергоефективності. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://uamap.org.ua/storage/Посібник%20з%20енергоаудиту.pdf> (дата звернення 22.07.2021).

2. Чиженко І. М., Андриєнко П. Д., Баран А. А. Справочник по

преобразовательной технике. Киев: Техніка, 2001. 447 с.

2. Приводы АББ для систем водоснабжения, водоотведения и перекачки технологических жидкостей ACQ580, от 0,75 до 500 кВт [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://abbua.com.ua/ru/privody-abb-2/acq580/uploads/541.pdf> (дата звернення 05.05.2021).

References

1. P. Shubak, D. Borst, Chernyavsky A.V. Manual on energy audit. Advising companies on energy efficiency. [Electronic resource] Access mode: <https://uamap.org.ua/storage/Посібник%20з%20енергоаудиту.pdf> (access date 22.07.2021).
2. Chizhenko I.M, Andrienko P.D., Baran A.A. Handbook of conversion technology. Kiev: Technika, 2001. 447 p.
3. ABB drives for systems of water supply, drainage and pumping of technological liquids ACQ580, from 0,75 to 500 kW [Electronic resource] Access mode: <https://abbua.com.ua/ru/privody-abb-2/acq580/uploads/541.pdf> (appeal date 05.05.2021).

RESEARCH OF EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF FREQUENCY-CONTROLLED DRIVE AT HYDROCARBON WAREHOUSES

V. A. Korenda, O. S. Protasov, I. Y. Vyshniakov, N. L. Tciren, T. L. Eremenko,
D. P. Torchilevsky, L. F. Strnad, Z. S. Sirko

Abstract. *The most important factor in improving the energy efficiency of enterprises and organizations of the State Reserve is the rational use of fuel and energy resources. Oil depots are not the most energy-intensive in the State Reserve system, but reducing electricity consumption is an important factor in reducing the cost of their products. During the past 10-15 years, the world has seen the widespread and successful introduction of frequency-controlled electric drive to solve various technological problems in many sectors of the economy. Installation of frequency converters on the pumping equipment of oil depots gives the chance of smooth regulation of modes of their work. At the same time loading of electric motors of pumps will be optimum, and losses of the electric power are minimum.*

At oil depots, the main consumer of electricity is pumping equipment. The technological process of operation of these enterprises involves reverse pumping of fuels and lubricants between tanks and rail and tank trucks. The peculiarity of oil depots is the uneven loading of equipment due to different needs in the number of pumped oil products over time, so the loading of the pumping station will also be uneven due to different pressure and supply in the pipelines. To maintain the set mode of operation of the pumping station when changing external factors affecting its operation, it is necessary to monitor and regulate the modes of operation of pumping units. This function can be divided into two areas: regulation of hydraulic modes of operation of pumps, which is used at oil depots, and regulation of energy efficiency of pumping station equipment.

The calculation of technical and economic indicators of the introduction of frequency-controlled electric drive is performed on the example of state enterprise "Aystra" Chernihiv. The main purpose of the plant is the reception, storage and shipment of petroleum products of the state material reserve. Production capacity for heavy-duty rail tanks and vehicles allows for freight operations with a capacity of 350 tons per hour.

Key words: pump, frequency converter, oil depot, pipeline

АНАЛІЗ ВТРАТ ЗЕРНОВОГО ЗБИЖЖЯ КЛАСИЧНИМ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУВАЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

І. Л. РОГОВСЬКИЙ, доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
доцент кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені

М. П. Момотенка

<https://orcid.org/0000-0002-6957-1616>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: rogovskii@nubip.edu.ua

<https://doi.org/dopovidi2021.04.014>

Анотація. На підставі аналізу більшості вітчизняних комбайнів встановлено, що вони мають традиційну схему молотильно-сепаруючого пристрою, що включає один або два послідовно розташованих бильних молотильних апаратів і клавійний соломотряс. Конструкція підбарабанням із прутків із поперечними пластинами передбачає, насамперед, інтенсифікацію процесу вимолотила зерна. Зернові культури вимолочується легко, тому немає необхідності в інтенсифікації вимолотила. Наприклад, за збирання зернозбиральних комбайном КЗС-9М «Славутич» за зазору на виході між молотильним барабаном і підбарабанням 18 мм і частоті обертання молотильного барабана 450 хв^{-1} втрати недомолоту були відсутні у всіх дослідях. У цьому разі поперечні пластини підбарабання є перешкодою для переміщення обмолочуваної маси в молотильно-сепарувальний пристрій, утворюючи за кожною планкою мертвий простір, де скупчується дрібна складова рослинної маси.

Якість роботи молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна визначали за коефіцієнтами недомолоту, сепарації, дроблення й засміченості зерна, яке надійшло на очистку.

Пошкодження зерна під час обмолоту в молотарці відбувається в основному завдяки впливу окружній лінійної швидкості молотильного барабана й зазору між молотильним барабаном і підбарабанням. Тому зазор у молотильного просторі є змінним і змінюється в бік зменшення від входу рослинної маси в молотильний пристрій до його виходу. Узагальнюючим параметром, ми використовував зазор у молотильного просторі на виході з молотарки. У зв'язку з цим, початок випробувань був за частоти обертання барабана 450 хв^{-1} . Під час випробувань було встановлено, що найбільший вплив на пошкодження зерна надає колова лінійна швидкість молотильного барабана. Так, за збільшення частоти обертання барабана на 100 хв^{-1} з 450 до 550 хв^{-1} , пошкодження збільшувалися з $1,5 \%$ до $5,5 \%$, тобто практично в 4 рази.

Ключові слова: зерно, комбайн, втрати, модель, сепарація, пристрій

Актуальність. Аналіз даних що застосування технологій з багаторічних досліджень [14] показує, обробкою врожаю на стаціонарі

Роговський І. Л.

виправдано тільки для збирання зернових [6] і деяких багаторічних трав [10] в певному поєднанні з комбайнового технологією і головним чином там, де зернозбиральні комбайни працюють незадовільно [3]. Насамперед варто її впровадити на збиранні зернофуражних культур, низьковрожайних (до 15 ц/га) і високоврожайних (понад 50 ц/га) хлібів [19]. Тому основною технологією збирання зернового збіжжя є пряме комбайнування з передзбиральною десикацією посівів [8].

Більшість вітчизняних комбайнів мають традиційну схему молотильно-сепаруючого пристрою, що включає один або два послідовно розташованих бильних молотильних апаратів і клавішний соломотряс [16]. Майже 200-річним дослідженням раціональної конструкції молотарок для машинного обмолоту створені різноманітні конструкції молотильно-сепаруючого пристрою [5]. Конструкція робочого органу, уперше оформлена шотландцем Ендрю Мейклем в 1785 році у вигляді циліндричного барабана, і понині залишається незмінною. У цей час не знайдено принципово нових рішень процесу обмолоту й сепарації, що дає змогу істотно підвищити пропускну здатність без збільшення розмірів і маси робочих органів і машини загалом [9]. Водночас практично вже вичерпала можливість підвищення

пропускну здатності зернозбиральних комбайнів через збільшення ширини молотарки, яка обмежена умовами транспортування зернозбирального комбайна колісними транспортними засобами [1]. Дослідження в основному ведуться в напрямі інтенсифікації процесів обмолоту або інтенсифікації всього робочого комбайна завдяки компоновальним та іншим конструкторським рішенням [12].

Як за кордоном, так і в Україні, досліджувався технологічний процес комбайна з попередніми обмолотом у похилій камері [17]. Багатобітерний пристрій зменшує нерівномірність подачі маси в динаміці, підвищує пропускну здатність комбайна на 20-50 % [11]. Однак розміщення в похилій камері молотильного й сепаруючих органів знижує надійність технологічного процесу [7]. Крім кількох дослідних зразків комбайнів, практичного застосування ці розробки не знайшли [13].

Напрямок досліджень молотильних пристрій із фігурним барабаном, забезпеченим зигзагоподібними бичами й декою з поздовжніми гребнями [2]. За такої форми бичів збільшується наведена подача для барабана за збереженні конструктивної ширини молотарки [18]. Завдяки цьому, пропускну здатність цього молотильно-сепаруючого пристрою на 50-60 % вище, ніж у того ж по ширині бильного апарату. У місці з тим

Роговський І. Л.

відзначається менша, ніж у останнього, рівномірність розподілу обмолочують продукту, що, безумовно, призведе до збільшення втрат на не вимолочування [4].

Роторні молотильні пристрої впливають на масу, як ударом по колосу, так і протягуванням між поверхнями кожної пари роторів [12]. Але роторні молотильні пристрої на 25-32% більш енергоємні, ніж барабанно-деків, й основний їх недолік полягає в тому, що вони погано виділяють вільне зерно з соломистої маси [3].

Тому вбачається актуальним змінити конструкцію молотильно-сепаруючого пристрою, щоб не змінювати процес сепарації. Усунути забивання й поліпшити очищення можна за допомогою підбарабання. Це можливо за виконання підбарабання у вигляді гладкої циліндричної сепаруючої поверхні, причому, всією сепаруючою поверхнею виконані наскрізні отвори довгастої форми, розташовані рядами різної спрямованості під кутом до напрямку руху маси.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Під час збирання легковимолочуваних, крупно-, легкотравмуючих культур, таких як зернові збільшують зазори між молотильним барабаном і підбарабанням, що веде до збільшення в ньому товщини шару обмолочуваної соломисто-зернової маси і знижує ефект самоочищення

поверхні підбарабання [15]. Конструкція підбарабанням із прутків з поперечними пластинами передбачає, насамперед, інтенсифікацію процесу вимолотила зерна. Зернові культури вимолочується легко, тому немає необхідності в інтенсифікації вимолотила. Наприклад, під час збирання зернозбиральних комбайном КЗС-9М «Славутич» за зазору на виході між молотильним барабаном і підбарабанням 18 мм і частоті обертання молотильного барабана 450 хв^{-1} втрати недомолоту були відсутні у всіх дослідях. У цьому разі поперечні пластини підбарабання є перешкодою для переміщення обмолочуваної маси в молотильно-сепарувальний пристрій, утворюючи за кожною планкою мертвий простір, де скупчується дрібна складова рослинної маси [11]. Така конструкція призводить до забивання сепаруючих отворів підбарабання саме за збільшених зазорах, що погіршує сепарацію зерна через них [8]. Через це збільшується завантаження соломовідокремлювача й у підсумку збільшуються втрати вільним зерном за молотаркою комбайном. Яке не пройшло через решітку підбарабання зерно піддається додатковим ударних впливів бичів, що так само підвищує ймовірність додаткового пошкодження зерна [19].

Відомо пристрій підбарабання конструкції Л. Н. Буркова, що містить поздовжні планки і поперечні прутки,

Роговський І. Л.

які встановлені по краях плоских зігнутих боковин на охоплення $5...7^\circ$ симетрично з обох кінців, а інша частина підбарабання виконана у вигляді декількох валів, встановлених паралельно один одному в боковинах з можливістю обертання. Також відомо підбарабання молотильно-сепаруючого пристрою, що містить підбарабання, яке забезпечено додатковими поперечними планками з робочими крайками, виконаними з чергуючих прямолінійних ділянок, розташованих на одному рівні з симетричними криволінійними ділянками, спрямованими увігнутістю до осі поверхні, що обгинає робочі кромки основних планок [7]. Недоліками цих моделей є складність конструкції, і так само не усунення процесу забивання сепаруючих отворів підбарабання під час збирання зернових культур, що вимагають великих зазорів між барабаном і підбарабанням. Так само в них може відбуватися підвищена пошкоджуваність зерна під час обмолоту зернових культур.

Завдання інженерної моделі підвищення сепарації зерна крізь підбарабання. Технічний результат – зниження втрат зерна і зменшення пошкодження зерна завдяки більш інтенсивного відводу його із зони впливу бичів молотильного барабана. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що підбарабання молотильно-сепаруючого пристрою виконано у вигляді циліндричної

поверхні, з радіусом кривизни дещо більшою, ніж радіус траєкторії руху бичів молотильного барабана, що за зміщення їх центрів дозволяє виконати молотильний зазор постійно зменшується від входу до виходу з молотильного простору [14]. Циліндрична поверхня підбарабання якою рухається рослинна маса гладка з наскрізними продовгуватими отворами, велика вісь яких розташована під деяким кутом вздовж напрямку руху маси [9]. Така форма і розташування отворів забезпечує сепарацію дрібного оберемка з вільним зерном в міру його утворення, так як проекція рухає зерна у напрямку його руху (дотична до його траєкторії) має мати, як можна менше перешкод з конструкторських елементів підбарабання [2]. Причому, чим більше зерно й більше радіус кривизни підбарабання, тим має бути більше довжина сепаруючих отворів. Конструкція підбарабання, виконана з листового матеріалу, забезпечує ефект самоочищення під час роботи, так як відсутні мертві зони молотильного простору, де за активного впливу бичів барабана не відбувається рух рослинної маси, що не дозволяє забивати сепарувальні отвори. Крім того, розташування довгастих отворів при чергуванні від ряду до ряду кутах напрямків більшою осі отворів до напрямку руху маси викликає поперечне коливання контактуючих з ними шарів рослин. Завдяки цьому інтенсифікується

Роговський І. Л.

процес сепарації зерна, як через шари рослинної маси, так і через підбарабання [11].

На рис. 1 схематизовано молотильно-сепарувальний пристрій. Пропонований пристрій (рис. 1) складається з молотильного барабана 1 з бичами 2 підбарабання 3 з гладкою сепаруючою поверхнею, на якій виконані довгасті отвори 4, які розташовані рядами різної спрямованості під кутом до напрямку руху маси в пристрої. Працює

пристрій таким чином, соломисто-зернова маса надходить в зазор між обертовим молотильним барабаном 1 і підбарабанням 3. за рахунок удару бичів 2 по масі відбувається обмолот, в результаті чого утворюється ворох, що складається із зерна і незернової частини (соломи, полови, полови). Велика частина вільного зерна (70-80 %) сепарується через отвори 4 підбарабання 3. Інша частина зерна виділяється з вороху і надходить на соломовідокремлювач.

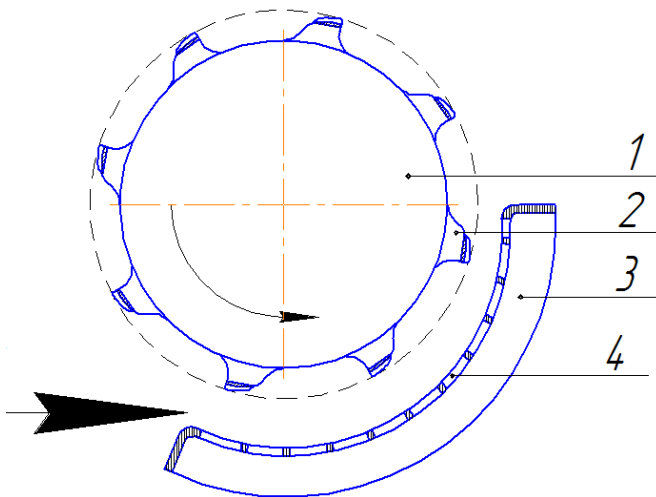


Рис. 1. Схема класичного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна і загальний вид секції гладкого підбарабання

Інтенсифікувати процес сепарації, пропонується через підбарабання шляхом демпфування підвіски підбарабання, що відрізняється тим, що сепарувальне підбарабання встановлено з можливістю здійснення коливання за рахунок того, що тяги підвіски з'єднані з цапфами сепарувального підбарабання через пружні елементи. Недоліком цього рішення є зниження сепаруючої здатності зерна через підбарабання за збільшення товщини шару обмолочуваної соломисто-

зернової маси у просторі між молотильним барабаном і підбарабанням, що є причиною перевантаження соломовідокремлювача і в підсумку призводить до збільшення втрат вільним зерном за комбайном [14].

Збільшення зазорів в молотильно-сепарувальному пристрої між молотильним барабаном і підбарабанням веде до збільшення в ньому товщини шару обмолочуваної соломисто-зернової маси [11]. Наприклад, під час збирання

Роговський І. Л.

зернозбиральних комбайном КЗС-9М «Славутич» зазор на виході молотильно-сепарувального пристрою рекомендовано під час збиранні зернових колосових культур 3...4 мм. Відомо пристрій для здійснення обмолоту зернових культур, що містить молотильний барабан і підбарабання, забезпечені жорстко встановленим під підбарабанням віброзбудником, а барабан двома синхронізованими віброзбудниками, кожен віброзбудник виконаний у вигляді дебалансного вала. Недоліком цього молотильно-сепарувального пристрою є складність конструкції, підвищення енергетичних витрат на

його привід, недостатня надійність пристрою, підвищені вібраційні навантаження, збільшена металоємність і значні трудовитрати на обслуговування.

На рис. 2 показана демпфуюча підвіска підбарабання. Пропонована конструкція (рис. 2) складається з молотильного барабана 1 з бичами 2 і підбарабання 3 має отвори 4 для сепарації дрібного оберемка з зерном. Тяги 5 підвіски, через пружний елемент 6 з'єднані з цапфами 7 підбарабання. Стінка корпусу молотарки 8 знаходиться між тягами підвіски 5 і підбарабанням 3, в отворах якої проходять цапфи 7.

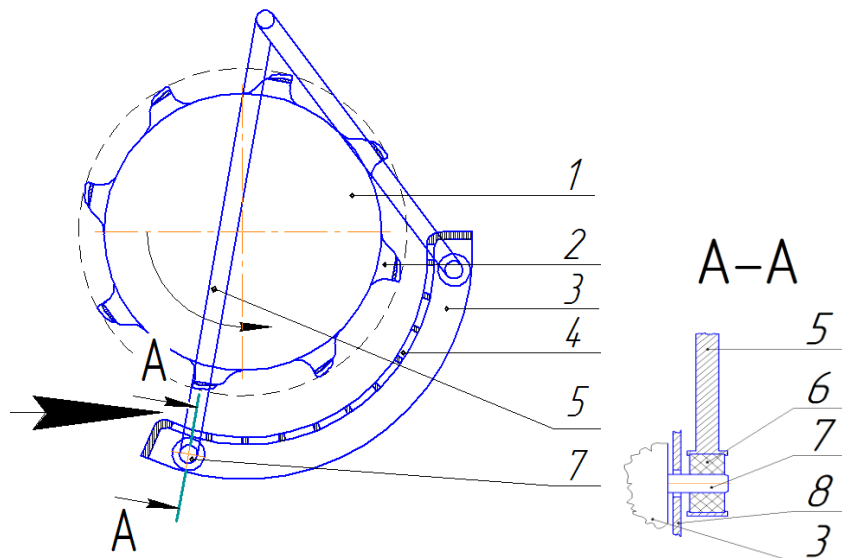


Рис. 2. Схема демпфуючої підвіски підбарабання класичного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна

Працює пристрій (рис. 2) так, соломисто-зернова маса надходить у зазор між обертовим молотильним барабаном 1 і підбарабанням 3. За рахунок удару бичів 2 по масі відбувається обмолот, у результаті чого утворюється ворох, що складається з зерна й незернової

частини (соломи, полови, полови). Велика частина вільного зерна 70-80 % сепарується через отвори 4 підбарабання 3. Зусилля, що виникає під час кожного удару бича, через рослинну масу передається на підбарабання з жорстко закріпленими в ньому цапфами 7, з'єднаними через

Роговський І. Л.

пружні елементи 6 з тягами 5 підвіски підбарабання. Тому що тяги 5 підвіски жорстко закріплені на корпусі молотарки комбайна, то відбувається деформація пружних елементів 6. Пульсуючі силовий вплив із боку бичів 2 молотильного барабана 1 і пружні властивості елементів 6 викликають коливальний переміщення підбарабання 3 з цапфами 7 в отворах стінок молотарки 8. У результаті таких коливань підбарабання інтенсифікує процес сепарації зерна через нього. Знижується пошкодження зерна за приводу не жорсткого удару по обмолочуваний масі й більш інтенсивного виходу із зони дії бичів за рахунок поліпшення сепарації зерна. Вібрація підбарабання так само сприяє його самоочищення поверхні підбарабання.

Розглядаємо роботу молотильно-сепаруючого пристрою. Основне завдання молотильно-сепаруючого пристрою це вимолот зерна з колосу і сепарація його з рухомого потоку рослинної маси. Вимолот зерна являє собою руйнування зв'язку зерна з колосом. В сучасних молотильно-сепарувальних пристроях, відбувається за рахунок ударів бичів по грубому воросі й протягування його за допомогою обертового молотильного барабана в молотильного зазорі. Процес роботи молотильно-сепарувального пристрою передбачає такі етапи: надходить рослинна маса,

відбувається обмолот, отримуємо грубий ворох, потім сепаруємо з грубого оберемка зерно. Звідси виділяємо два важливі завдання:

1) вимолот є пріоритетним для зернових культур, які нерівномірно дозрівають. Для зернового збіжжя обмолот має бути м'який, так як зерно велике і руйнуються легко. Значить, вимолот не є лімітуючим чинником і практично забезпечується за досить м'яких режимів роботи;

2) сепарація зерна з грубого оберемка через підбарабання, тобто отримання дрібного вороху, визначає якість роботи молотильно-сепарувального пристрою, так як перший чинник не є лімітуючим для зернового збіжжя. Сепарація зерна ускладнена тим, що необхідно мати збільшений зазор між молотильним барабаном і підбарабанням. Значить товщина шару обмолочуваної маси збільшується, а сепарація зерна при цьому погіршується. Крім того, для товстого шару маси погіршується процес самоочищення підбарабання, за рахунок розшарування маси, так як її нижні шари гальмуються поперечними планками.

Тому можемо відзначити, що конструкція кріплення підбарабання молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна забезпечує високу ефективність сепарації зерна, дозволяє скоротити втрати вільним зерном за комбайном і зменшити його

Роговський І. Л.

пошкодження під час збирання зернових культур.

Мета. Метою даної наукової статті є висвітлення інженерного менеджменту про найчастіші характерні втрати зернового збіжжя класичним молотильно-сепарувальним пристроєм зернозбирального комбайна, а також про можливі причини перебігу та розвитку типових конструкцій.

Методи. На рис. 3 зображена загальна схема дослідження даної роботи. Першим етапом представленої схеми, є аналіз літературних джерел. Аналіз літературних джерел є першочерговим і основним етапом роботи, який полягає в зборі та аналізі літературних джерел авторів, які працювали в досліджуваній області. Далі по схемі впливають висновки з аналізу літературних джерел і потім постановка завдань дослідження, по досягненню яких, досягаємо поставленої мети. Потім слід трьох теоретичних етапів: вдосконалення конструкторських параметрів молотильно-сепарувального пристрою, аналіз травмованості зерна, вдосконалення технологічних параметрів молотильно-сепарувального пристрою, які в свою чергу мають свої етапи.

Опис почнемо з етапу вдосконалення конструкторських параметрів молотильно-сепарувального пристрою. На цьому етапі описується досягнення

агровимог за втратами зернового збіжжя під час збирання. Досягається це оглядом патентів на винахід (корисну модель) молотильно-сепарувальних пристроїв, під час збиранні зернових культур. По завершенню огляду, приступаємо до обґрунтування конструкції підбарабання, отримуємо патент на корисну модель. Потім приступаємо до обґрунтування конструкції підвісу, на яку теж є патент на корисну модель. Наступний етап «Аналіз травмованості зерна». У цьому етапі описується досліджувана культура, її фізичні й технологічні властивості. Наводиться обґрунтування методики оцінення травмування зерна, і аналіз оцінки схожості зерна, після імітації удару бичем молотильного барабана, на різних частотах обертання.

Далі етап удосконалення технологічних параметрів молотильно-сепарувального пристрою. На цьому етапі наводиться теоретичний огляд на регулювання молотильно-сепаруючого пристрою під час збирання зернових культур. Потім приводимо моделювання процесу обмолоту і сепарації молотильно-сепарувальним пристроєм, описуємо метод визначення коефіцієнта ефективності сепарації. Далі на підставі практичних досліджень наводимо обґрунтування молотильного зазору в молотильному просторі й швидкість обертання молотильного барабана.

Передостаннім етапом у схемі дослідження йде економічне обґрунтування дослідження, в якому наводяться розрахунки економічної ефективності від впровадження підбарабання. Останній етап

«Висновки і рекомендації». На цьому етапі наводяться висновки за наведеними досліджень і рекомендації по налаштуванню зернозбирального комбайна на збирання зернового збіжжя.

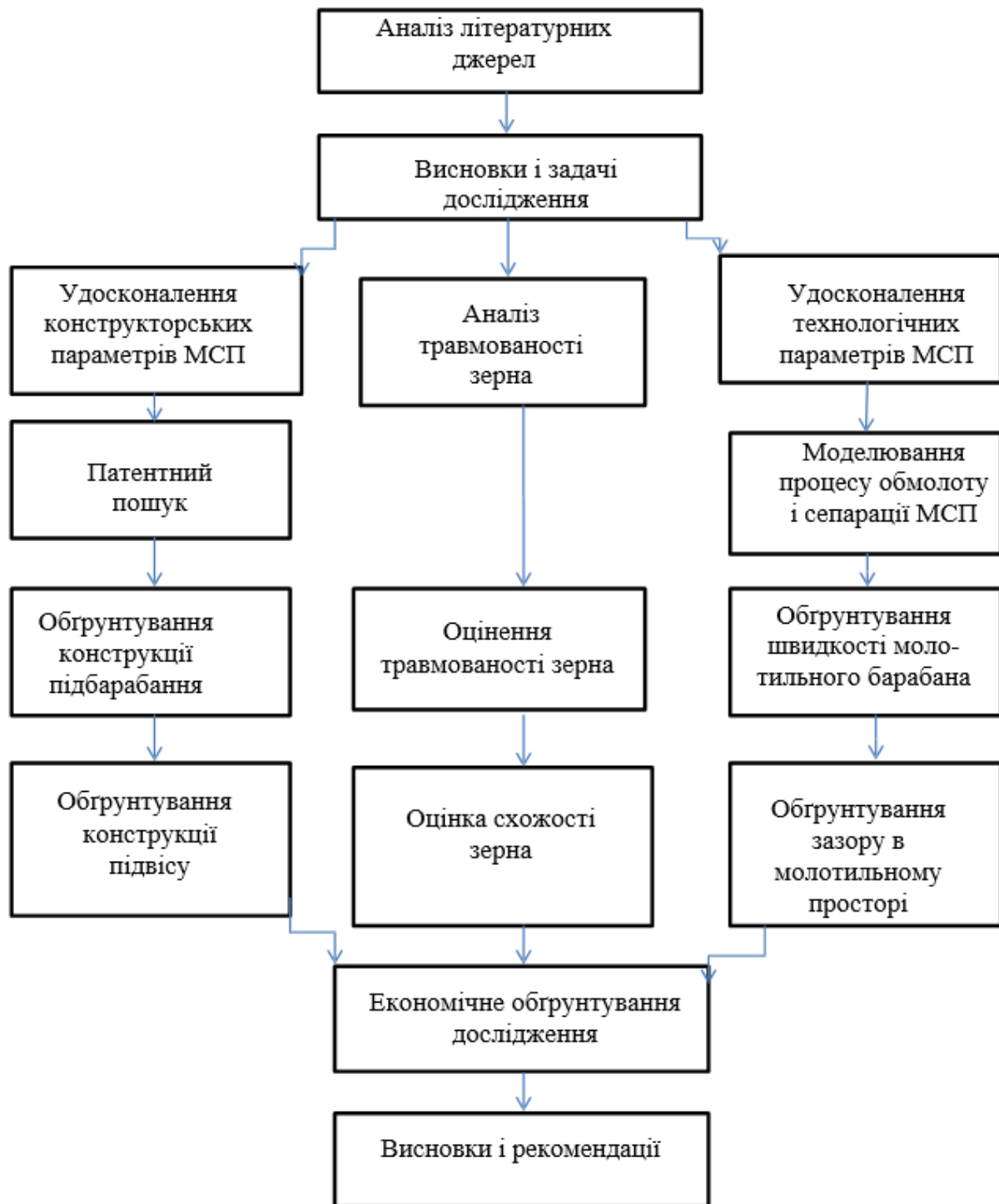


Рис. 3. Загальна схема дослідження.

Якість роботи молотильно-сепарувального пристрою визначаємо за коефіцієнтами недомолоту, сепарації, дроблення і засміченості

Роговський І. Л.

зерна, яке надійшло на очистку. Розглянемо більш докладно коефіцієнт сепарації, так як він є найвагомим під час збирання зернового збіжжя. Коефіцієнт сепарації S_m являє собою масову частку зерна, виділеного з обмолоченого грубого вороху в межах молотильно-сепарувального пристрою в загальній масі зерна. Сукупність полови і зерна називають дрібним зерновим ворохом; сукупність зерна, соломи і полови – грубим. Разом з вимолотом молотильно-сепарувальний пристрій сепарує більшу частину ($S_m = 0,8...0,95$) зерна з вороху. У процесі використання зернозбиральних комбайнів, необхідно підвищувати коефіцієнт S_m вибором регульованих параметрів і режиму роботи молотильно-сепарувального пристрою. Сепарацію зерна в межах молотильного простору для молотильно-сепарувального пристрою різних модифікацій і типів визначали за залежністю:

$$S_m = 100 \times E_m, \%$$

де E_m – сходження зерна з молотильно-сепарувального пристрою з соломом на початок сепаратора грубого вороху.

Сходження зерна з молотильно-сепарувального пристрою з соломом на початок сепаратора грубого вороху можна визначали за залежністю:

$$E_m = 100 \times e^{-\mu_m \cdot l_m}, \%$$

де μ_m – коефіцієнт сепарації зерна з молотильно-сепарувального

пристрою з соломом на початок сепаратора грубого вороху, 1/м;

e – постійна основи натурального логарифма 2,71;

l_m – довжина деки (молотильної частини кожуха ротора) молотильно-сепарувального пристрою, м.

Коефіцієнт сепарації μ_{mi} залежить від великої кількості чинників, серед яких одним з головних є величина приведеної подачі маси. У функції подачі залежність має вигляд:

$$\mu_{mi} = \mu_{m0} \times \frac{|q|}{q_i}$$

де $|q|$ – пропускна здатність молотильно-сепарувального пристрою або молотарки в цілому, кг/с;

q_i – фактична величина приведеної подачі в комбайн (молотарку);

μ_{m0} – номінальне значення коефіцієнта сепарації, яке відповідає завантаженню, рівній пропускній здатності $|q|$.

Значення показників для розрахунку втрат зерна недомолоту і сепарації зерна для різних модифікацій і типів молотильно-сепарувального пристрою сепарація, %:

$$S = 100 \times (1 - e^{-\mu_{mi} \cdot l_m}), \%$$

З літературних джерел відомо, що інтенсивність сепарації зерна змінюється по куту обхвату молотильного барабана, тому кількість відсепарованого зерна змінюється по залежності,

Роговський І. Л.

представленої на рис. 4: $F(\varphi)$ – це функція сепарації залежно від кута обхвату підбарабання (деки), φ – кут

обхвату деки, φ_1 – максимальний кут обхвату деки.

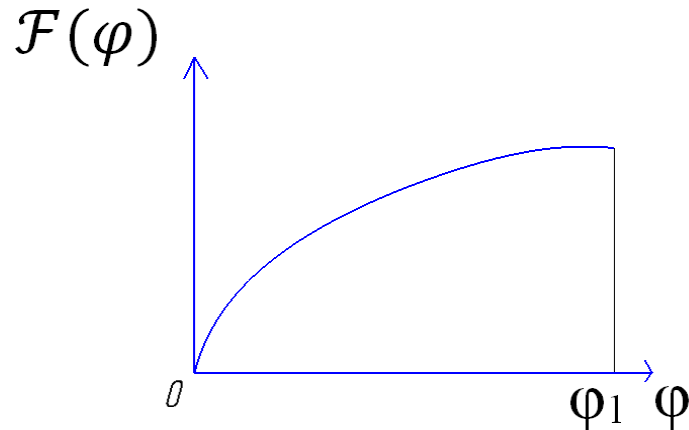


Рис. 4. Залежність сепарації зерна

Дана залежність може бути апроксимована рівнянням такого вигляду:

$$f(\varphi) = \frac{dm_c}{d\varphi} = a\varphi^2 + b\varphi + c.$$

Скористаємося початковими умовами, підставляємо $\varphi = 0$ (рослинна маса знаходиться на вході в молотильний зазор):

$$f(0) = a0^2 + b0 + c, c = 0.$$

Швидкість зміни процесу показує похідна $f(\varphi)$, продиференціюємо рівняння $f(\varphi) = \frac{dm_c}{d\varphi} = a\varphi^2 + b\varphi + c$, тоді маємо:

$$f'(\varphi) = 2a\varphi + b.$$

Для визначення постійних коефіцієнтів скористаємося початковими умовами, підставляємо $\varphi = 0$ (рослинна маса знаходиться на вході в молотильний зазор):

$$f'(0) = 2a0 + b, b = k.$$

Параметр b характеризує процес сепарації, позначимо його через k . Для визначення значення коефіцієнтів, скористаємося початковими умовами $\varphi = \varphi_1$.

$$f'(\varphi_1) = 2a\varphi_1 + b = 2a\varphi_1 + k = 0.$$

$f'(\varphi_1) = 0$ так як дотична до кривої $f(\varphi)$ у точці φ_1 , горизонтальна.

Звідси знаходимо коефіцієнт a :

$$a = -\frac{k}{2\varphi_1}.$$

Характеристична функція:

$$f(\varphi_1) = -\frac{k}{2\varphi_1} \cdot \varphi_1^2 + k\varphi_1 = \varphi_1 \frac{k}{2}.$$

Результати. Основними

показниками властивостей зернових культур, які впливають на показники роботи комбайнів є вологість, колова швидкість бичів, зазорів у молотильно-сепарувальному пристрої, величини подачі маси у молотарку, частоти обертання (колової швидкості) шнека, температури нагріву під час сушіння на пошкодження зерна, вплив молотильного зазору на сепарацію зерна. Ступінь і вид ушкоджень зерна під час збирання та післязбиральної обробки визначаються сукупністю різноманітних чинників.

Роговський І. Л.

Проаналізуємо вплив кожного чинника на пошкоджуваність зерна.

На рис. 5 представлена залежність впливу вологості на макро- і мікропошкодження зерна. За збільшення вологості зерна збільшуються і мікропошкодження, так як оболонка зерна і насіння за підвищення вологості стають м'якшими і відповідно більш сприйнятливими до пошкоджень, що тягне за собою збільшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки). А зменшення вологості, призводить до зменшення мікропошкодження, у зв'язку зі зміцненням (отвердінням) оболонки зерна. Зворотна залежність у макропошкодження. Зі збільшенням вологості, зерно стає м'яким і пружним, що різко зменшує шанси на

отримання макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи), а зменшення вологості збільшує макропошкодження, так як зерно стає більш твердим і під час взаємодії з металевими поверхнями відбувається жорсткий удар. Залежність макро- і мікропошкодження відрізняється у процентному співвідношенні, тому що ймовірність отримання мікропошкодження набагато вище, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім за отримання додаткового впливу переходить у розряд макропошкодження. Так само для отримання мікропошкодження, силовий вплив, необхідно набагато менший, ніж під час отримання макропошкодження.

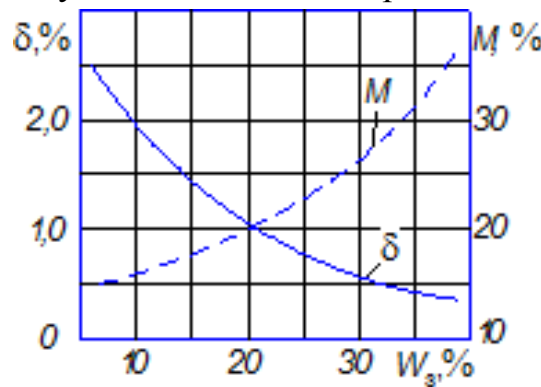


Рис. 5. Вплив вологості на макропошкодження і мікропошкодження зерна: δ – дроблення, М – мікропошкодження

На рис. 6 представлена залежність колової швидкості бичів на макропошкодження і мікропошкодження зерна. За збільшення колової швидкості бичів, у зерна збільшуються мікропошкодження, так як оболонка

зерна і насіння при підвищенні окружної швидкості бичів стають більш сприйнятливими. Так як збільшується сила, з якою бич впливає на зерно, то це тягне за собою збільшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни,

Роговський І. Л.

пошкодження оболонки). Зменшення колової швидкості бичів, призводить до зменшення мікропошкодження, у зв'язку зі зменшенням сили впливу бича на зерно. Аналогічна залежність у макропошкодження. Зі збільшенням колової швидкості бичів, зерно отримує більш інтенсивний вплив, що збільшує шанси на отримання макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи). І навпаки, зменшення колової швидкості бичів зменшує макропошкодження.



Рис. 6. Вплив колової швидкості бичів на макропошкодження і мікропошкодження зерна

На рис. 7 представлена залежність зазору в молотильного просторі на макропошкодження і мікропошкодження зерна. За збільшення зазору в молотильного просторі, у зерна зменшуються мікропошкодження, так як збільшується товщина рослинної маси в молотильного просторі в результаті зменшується ефект удару бича по рослинній масі й зменшується ефект перетирання, так як збільшує і сила, з якою бич вдаряє по зерну, що тягне за собою збільшення мікропошкодження (подряпини,

макропошкодження і мікропошкодження відрізняється у процентному співвідношенні, так як шанси отримання мікропошкодження набагато вище, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім за отримання додаткового впливу переходить у розряд макропошкодження. Плюс для отримання мікропошкодження, сили удару, необхідно набагато менше, ніж за отримання макропошкодження.

тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки). А зменшення зазору в молотильного просторі, призводить до збільшення мікропошкодження, у зв'язку зі зменшенням сили впливу бича на рослинну масу. Аналогічна залежність у макропошкодження. Зі збільшенням зазору в молотильного просторі, зерно отримує меншої шкоди, що зменшує шанси на отримання макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи), і навпаки зменшення зазору в молотильного просторі збільшує

Роговський І. Л.

макропошкодження. Залежність макропошкодження і мікропошкодження відрізняється у процентному співвідношенні, так як шанси отримання мікропошкодження

набагато вище, ніж макро, це пояснюється тим, що для отримання мікропошкодження, сили удару, необхідно набагато менше, ніж при отриманні макропошкодження.

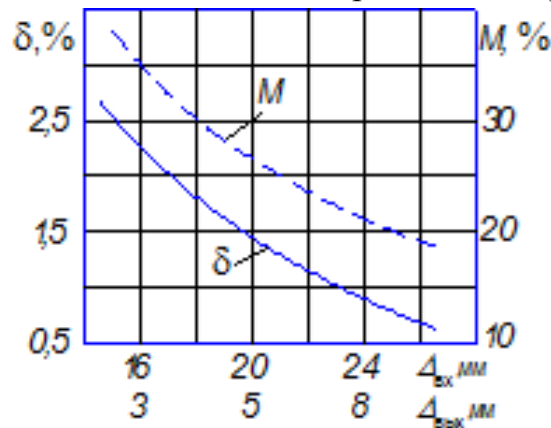


Рис. 7. Вплив зазору в молотильного просторі на макропошкодження і мікропошкодження зерна

На рис. 8 представлена залежність величини подачі маси у молотарку на макропошкодження і мікропошкодження зерна. За збільшення величини подачі маси у молотарку, у зерна зменшуються мікропошкодження, так як збільшується швидкість проходження і щільність рослинної маси у молотильного просторі. У результаті зменшується ефект удару бича по рослинній масі й зменшується ефект перетирання, так як зменшується сила, з якою бич впливає на зерно, що тягне за собою зменшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки). А зменшення величини подачі маси в молотарку, призводить до збільшення мікропошкодження, у зв'язку зі збільшенням сили впливу бича на рослинну масу. Аналогічна залежність у макропошкодження. Зі

збільшенням величини подачі маси в молотарку, зерно отримує менший вплив, що зменшує шанси на отримання макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи), і навпаки зменшення величини подачі маси в молотарку збільшує макропошкодження. Залежність макропошкодження і мікропошкодження відрізняється у процентному співвідношенні, так як шанси отримання мікропошкодження набагато вище, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім при отриманні додаткового впливу переходить у розряд макропошкодження. Така ж можливість для отримання мікропошкодження, сили удару,

Роговський І. Л.

необхідно набагато менше, ніж при отриманні макропошкодження.

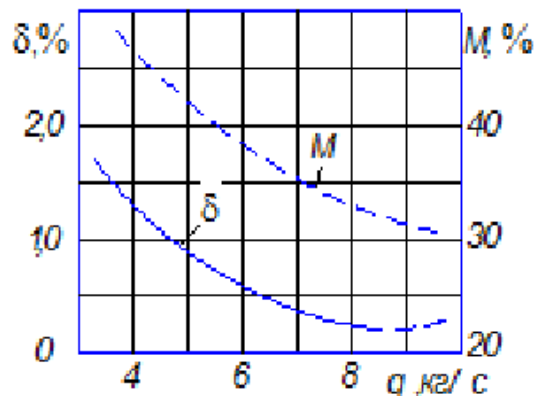


Рис. 8. Вплив величини подачі маси в молотарку на макропошкодження і мікропошкодження зерна

За збільшенні частоти обертання (коловї швидкості) шнека, у зерна збільшуються макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обрушення, відколи), так як збільшується швидкість обертання шнека, відповідно збільшується сила, з якою шнек впливає на зерно, так як збільшується вплив, з якої бич вдаряє по зерну, що тягне за собою збільшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки).

На рис. 9 представлена залежність впливу температури

нагріву при сушінні на тріщинуватість зерна. За збільшення температури нагріву під час сушіння зерна, у зерна збільшується тріщинуватість зерна, так як збільшується швидкість сушіння і відповідно швидкість випаровування вологи, що тягне за собою збільшення тріщинуватості. А зменшення температури нагрівання під час сушіння, призводить до зменшення тріщинуватості, у зв'язку зі зменшенням швидкості сушіння і відповідно швидкості випаровування вологи.

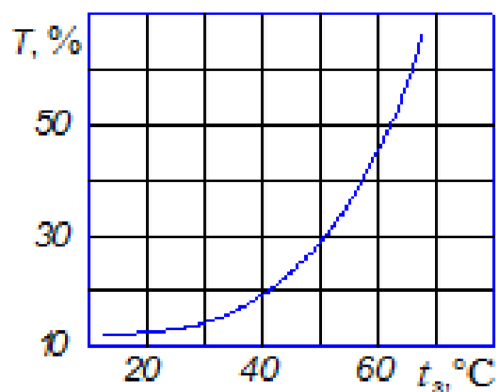


Рис. 9. Вплив температури нагріву при сушінні t_3 на тріщинуватість зерна T

Пошкодження зерна під час обмолоту в молотарці відбувається в основному завдяки впливу окружній лінійної швидкості молотильного барабана і зазору між молотильним барабаном і підбарабанням (декою). Тому зазор у молотильного просторі є змінним і змінюється у бік зменшення від входу рослинної маси в молотильний пристрій до його виходу. Узагальнюючим параметром, ми використовував зазор у молотильного просторі на виході з молотарки. У зв'язку з цим, початок випробувань

був за частоти обертання барабана 450 хв^{-1} . Під час випробування було встановлено, що найбільший вплив на пошкодження зерна надає колова лінійна швидкість молотильного барабана. Так, за збільшення частоти обертання барабана на 100 хв^{-1} з 450 до 550 хв^{-1} , пошкодження збільшувалися з $1,5 \%$ до $5,5 \%$, тобто практично в 4 рази. Залежність пошкоджень зерна від оборотів молотильного барабана показана на рис. 10.

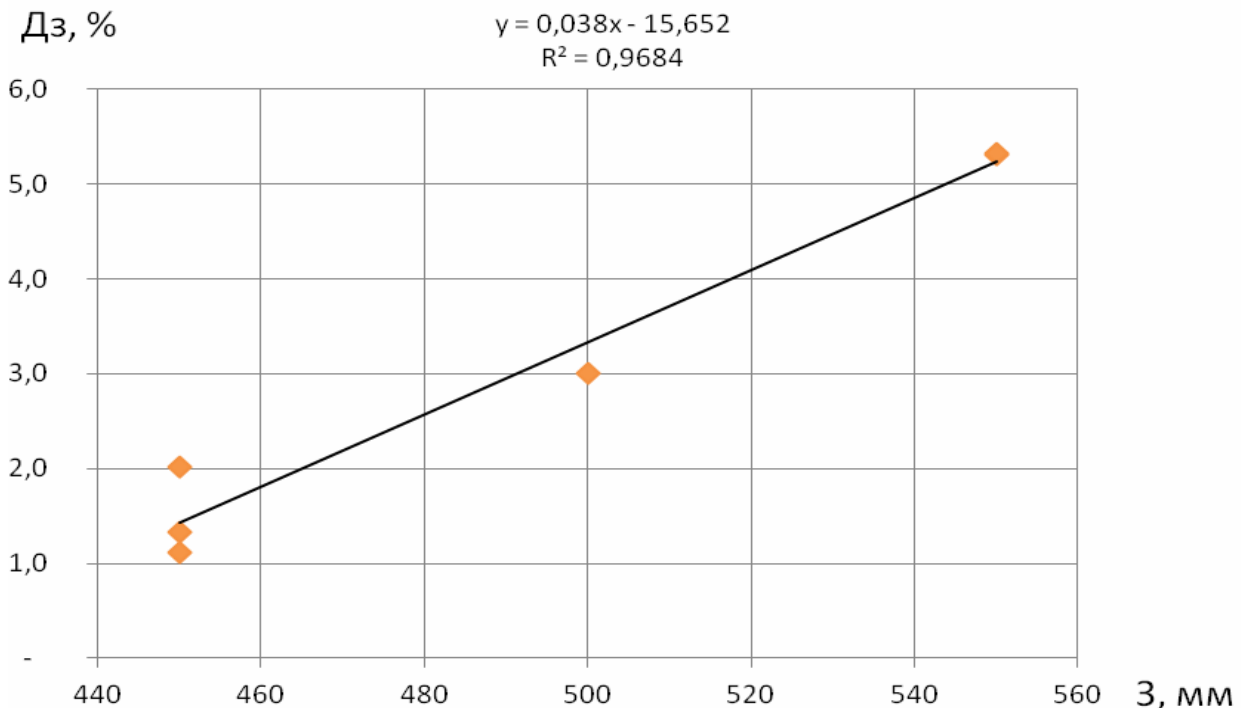


Рис. 10. Залежність пошкоджень зерна від швидкості обертання молотильного барабана (хв^{-1}) за зазору на виході молотарки 10 мм

На підставі даних представлених на рис. 10 можна стверджувати, що частота обертання молотильного барабана не повинна бути збільшена більш за 450 хв^{-1} . Це мінімально можливе значення цієї величини на комбайні КЗС-9М. Водночас необхідно зазначити, що

мінімальні оберти барабана збільшують величину крутного моменту на його привід. Це призводить до збільшення навантаження на пас приводу варіатора молотарки, що може викликати його проковзування. Цей факт збільшує ймовірність забивання

Роговський І. Л.

молотарки, що призводить до порушення технологічного процесу комбайна і велику трудомісткість усунення відмов. У цьому випадку підвищуються вимоги до рівномірності завантаження молотарки комбайна і не допущення її перевантаження, навіть короточасної.

Зменшення зазору на виході молотарки з 10 до 3 мм величина макропошкодження зерна (дроблення) відповідно збільшувалася від 1,6 до 3,0 %. Це значно менше, ніж за зміни числа обертів молотильного барабана. Залежність пошкодження зерна від зазору на виході молотарки показана на рис. 11.

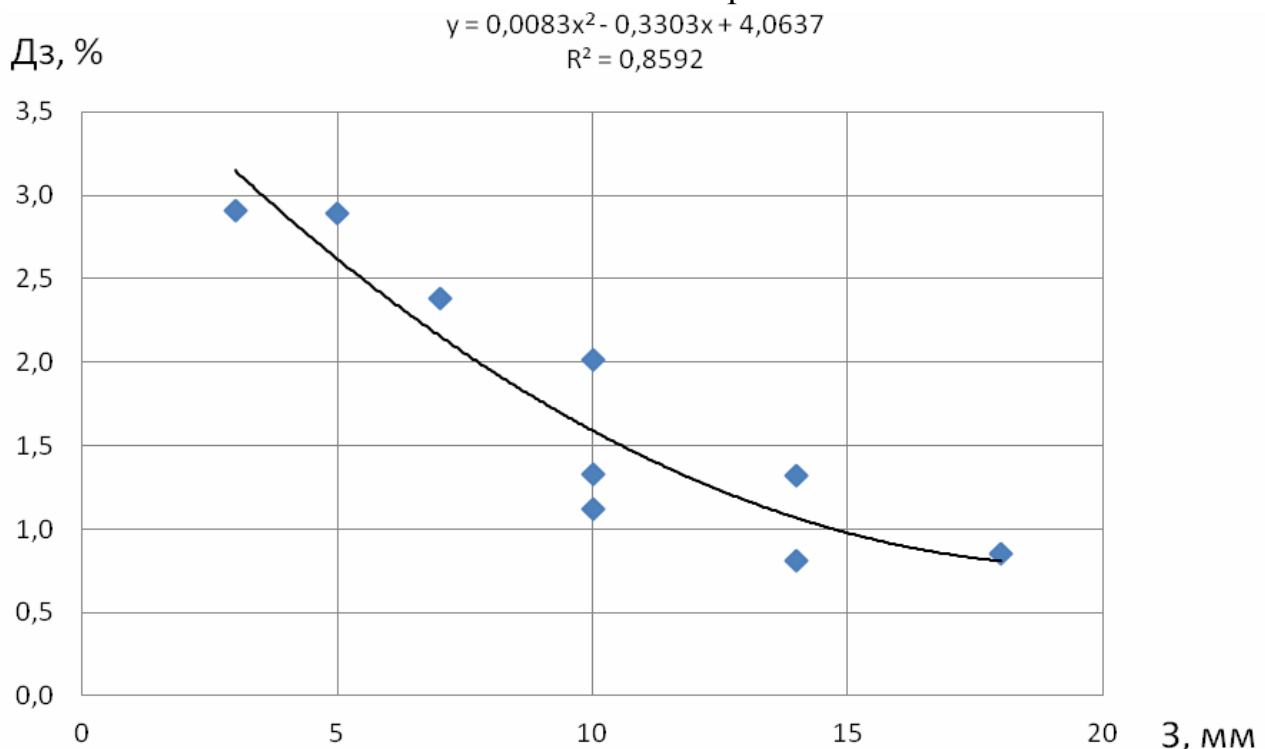


Рис. 11. Залежність пошкоджень зерна від зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана 450 хв^{-1}

Важливим чинником є те, що крім макропошкодження є мікропошкодження зерна, а їх величина значно більша. Залежність мікропошкодження зерна від зазору на виході молотарки показана на рис. 12. Аналізуючи цю залежність видно, що зменшення зазору на

виході молотарки з 18 до 3 мм мікропошкодження зерна відповідно збільшуються з 3 до 13 %. Цей факт найбільш значущий, ніж макропошкодження, так як мікропошкодження у кілька разів вище.

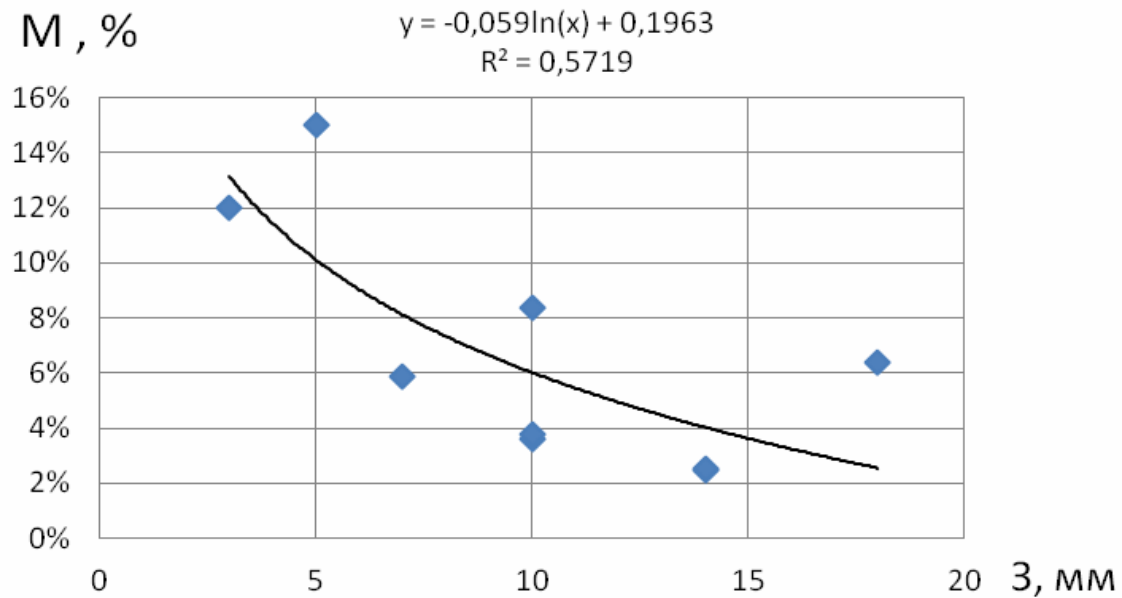


Рис. 12. Залежність мікропошкодження зерна від зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана 450 хв⁻¹

На жаль, нормативними документами, не встановлено допустиму величину дроблення зерна робочими органами машин під час збирання, деякі науковці орієнтуються на 3 %.

Як зазначалося вище зернові культури добре вимолочується і втрат

недомолоту немає. Тому виникає питання, чи можливо подальше збільшення зазору на виході молотарки, щоб отримати подальше зниження мікропошкодження зерна. Розглянемо залежність втрат вільним зерном за комбайном у залежності від зазору на виході молотарки (рис. 13).

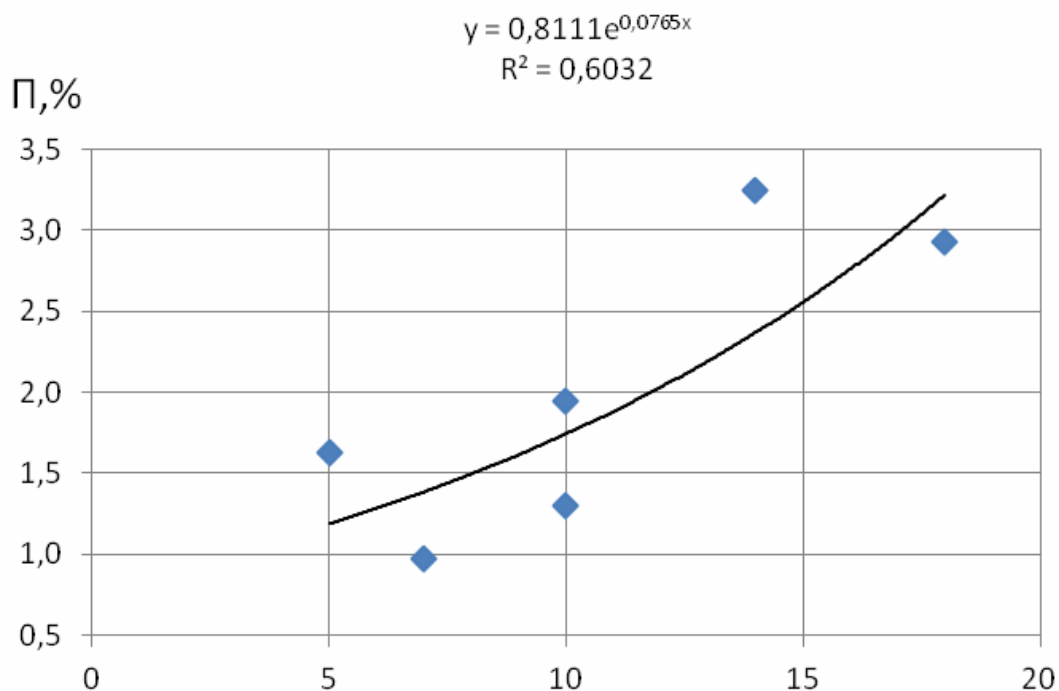


Рис. 13. Залежність втрат вільним зерном від зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана 450 хв⁻¹

Аналізуючи представлену на рис. 13 залежність, необхідно враховувати той факт, що зі збільшенням зазору на виході молотарки знижується інтенсивність сепарації зерна в молотильної частини через підбарабання. Це пов'язано зі збільшенням товщини шару обмолочуваної зернової маси. Зерну значно важче в цьому випадку виділятися з вороху. А нам необхідно, щоб основна частина зерна до 80 % сепарованого саме в молотарці. У нашому ж випадку, на рахунок погіршення процесу сепарації недостатня кількість зерна виділяється в молотарці. Отже, більше його потрапляє на соломотряс. Тоді соломотряс не справляється в повній мірі зі своєю функцією, що призводить до збільшення втрат вільним зерном за комбайном. Тому збільшувати зазор на виході молотарки недоцільно більше 12 мм.

Основними чинниками, що впливають на величину втрат зерна під час його обмолоту є подача, фракційний склад і вологість обмолочуючого матеріалу, конструктивні й режимні параметри молотильно-сепаруючих пристроїв зернозбирального комбайна. Тому втрати зерна можна знизити такими способами:

1) збільшити частоту обертання молотильного барабана, для того щоб

швидше просувати рослинну масу, але за високих швидкостей зерно буде сильно дробитися;

2) зменшити зазор між бичами і підбарабанням, для того щоб зменшити ефект розшаровування рослинної маси і збільшити швидкість проходження, але за малого зазору відбувається сильне дроблення зерна;

3) зменшити подачу рослинної маси, для того щоб зменшити забивання підбарабання, але за малої подачі, економічно неефективна прибирання культури;

4) прибрати поперечні планки з підбарабання, тим самим усунути процес забивання, шляхом процесу самоочищення;

5) інтенсифікувати процес сепарації зерна.

За цим, можна зробити висновок, що зерно має великий розмір, легко вимолочується, тому за малого зазору, буде збільшуватися пошкодження зерна, а за великого зазору буде збільшуватися товщина рослинної маси і відповідно погіршуватися сепарація зерна за допомогою залипання молотильно-сепарувального пристрою, що підтверджується польовими дослідженнями. Залипання молотильно-сепарувального пристрою представлено на рис. 14.



Рис. 14. Процес залипання підбарабання молотарки під час збирання зернового збіжжя

Висновки і перспективи. Отже, обґрунтовано доцільність змінити конструкцію класичного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайну, спрямованої інтенсифікацію процесу сепарації усунення процесу забивання підбарабання.

Запропоновано на збиранні зернового збіжжя

сільськогосподарських культур зернозбиральним комбайном КЗС-9М «Славутич» встановити частоту обертання молотильного барабана 450 хв^{-1} . Для забезпечення допустимої величини пошкодження зерна і зниження втрат вільним зерном зазор на виході молотарки необхідно встановити 12 мм.

Список використаних джерел

1. Astashev V., Krupenin V. Efficiency of vibration machines. *Engineering for Rural Development*. 2017. Vol. 16. P. 108–113.
2. Brown R., Richards A. Engineering principles of agricultural machinery. ASABE. 2018. Vol. 84(2). P. 1120–1132.
3. Dawoud M., Taha I., Ebeid S. Mechanical behaviour of ABS: an experimental study using FDM and injection moulding techniques. *Journal of Manufacturing Processes*. 2016. Vol. 21. P. 39–45.
4. Drga R., Janacova D., Charvatova H. Simulation of the PIR detector active function. *Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016)*, July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, Vol. 76, UNSP 04036.

5. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F. Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. *CIGR Journal*. 2017. Vol. 19. P. 158–163.

6. Hryniv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3(105). P. 19–29.

7. Luo A. C. J., Guo Y. *Vibro-impact dynamics*. Monograph. Berlin: Springer-Verlag. 2018. 213 p.

8. Masek J., Novak P., Jasinskas A. Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions.

Роговський І. Л.

Engineering for Rural Development. 2017. Vol. 16. P. 1180–1185.

9. Mirzazadehl A., Abdollahpour S., Mahmoudi A., Ramazani B. Intelligent modeling of material separation in combine harvester's thresher. ANN International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 2012. Vol. 4(23). P. 1767–1777.

10. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6 (7-108). P. 71–79. doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.

11. Pinzi S., Cubero-Atienza A. J., Dorado M. P. Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration. 2016. Vol. 266 (3). P. 407–441.

12. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. P. 022100. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022100.

13. Rogovskii I., Grubrin O. Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 2018. Vol. 298. P. 149–156.

14. Rogovskii I. L. Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 2017. Vol. 258. P. 399–407.

15. Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B. Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Engineering for Rural Development. 2018. Vol. 17. P. 1166–1172.

16. Sukhanova M. V., Sukhanov A. V., Voinash S. A. Intelligent control systems for dynamic mixing processes in seed processing

machines with highly elastic working bodies. Engineering Technologies and Systems. 2020. Vol. 30(3). P. 340–354.

17. Xu L., Wei C., Liang Z., Chai X., Li Y. Development of rapeseed cleaning loss monitoring system and experiments in a combine harvester. Biosystems engineering. 2019. Vol. 178. P. 118–130.

18. Yata V. K., Tiwari B. C., Ahmad I. Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 2018. Vol. 16. P. 79–84.

19. Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I. Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland. 2018. P. 64–74.

References

1. Astashev, V., Krupenin, V. (2017). Efficiency of vibration machines. Engineering for rural development, 16, 108–113.

2. Brown, R., Richards, A. (2018). Engineering principles of agricultural machinery. ASABE, 84(2), 1120–1132.

3. Dawoud, M., Taha, I., Ebeid, S. (2016). Mechanical behaviour of ABS: an experimental study using FDM and injection moulding techniques. Journal of Manufacturing Processes, 21, 39–45.

4. Drga, R., Janacova, D., Charvatova, H. (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, 76, 04036.

5. Dubbini, M., Pezzuolo, A., De Giglio, M., Gattelli, M., Curzio, L., Covi, D., Yezekyan, T., Marinello, F. (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, 19, 158–163.

6. Hrynkiv, A., Rogovskii, I., Aulin, V., Lysenko, S., Titova, L., Zagurskiy, O., Kolosok, I. (2020). Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(105), 19–29.

Роговський І. Л.

7. Luo, A. C. J., Guo, Y. (2018). Vibro-impact dynamics. Monograph. Berlin: Springer-Verlag, 213.
8. Masek, J., Novak, P., Jasinskas, A. (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Engineering for Rural Development, 16, 1180–1185.
9. Mirzazadehl, A., Abdollahpour, S., Mahmoudi, A., Ramazani, B. (2012). Intelligent modeling of material separation in combine harvester's thresher. ANN International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(23), 1767–1777.
10. Nazarenko, I., Dedov, O., Bernyk, I., Rogovskii, I., Bondarenko, A., Zapryvoda, A., Titova, L. (2020). Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(7-108), 71–79, doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.
11. Pinzi, S., Cubero-Atienza, A. J., Dorado, M. P. (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, 266(3), 407–441.
12. Rogovskii, I. L., Titova, L. L., Voinash, S. A., Sokolova, V. A., Tarandin, G. S., Polyanskaya, O. A. (2021). Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 677, 022100. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022100.
13. Rogovskii, I., Grubrin, O. (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK, 298, 149–156.
14. Rogovskii, I. L. (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK, 258, 399–407.
15. Sergejeva, N., Aboltins, A., Strupule, L., Aboltina, B. (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Engineering for Rural Development, 17, 1166–1172.
16. Sukhanova, M. V., Sukhanov, A. V., Voinash, S. A. (2020). Intelligent control systems for dynamic mixing processes in seed processing machines with highly elastic working bodies. Engineering Technologies and Systems, 30(3), 340–354.
17. Xu, L., Wei, C., Liang, Z., Chai, X., Li, Y. (2019). Development of rapeseed cleaning loss monitoring system and experiments in a combine harvester. Biosystems engineering, 178, 118–130.
18. Yata, V. K., Tiwari, B. C., Ahmad, I. (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, 16, 79–84.
19. Zagurskiy, O., Ohienko, M., Rogach, S., Pokusa, T., Titova, L., Rogovskii, I. (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64–74.

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЗЕРНА КЛАССИЧЕСКИМ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

И. Л. Роговский

***Аннотация.** На основании анализа современных отечественных и зарубежных комбайнов установлено, что они характеризуются традиционной схемой молотильно-сепарирующего устройства, которая включает последовательные расположенные бильного молотильного аппарата и клавишный соломотряс. Конструкция подбарабаньев из прутков с поперечными пластинами характеризуется, прежде всего, интенсификацию процесса вымолота зерна. Зерновые культуры вымолачиваются легко, поэтому нет*

Роговський І. Л.

необходимости в интенсификации вымолота. Например, при машиноиспользовании зерноуборочного комбайна КЗС-9М «Славутич» при зазоре на выходе молотильного барабана с подбарабаньем в 18 мм и частоте вращения молотильного барабана в пределах 450 мин^{-1} потери недомолота зерна отсутствовали при испытаниях. В данном случае поперечные пластины подбарабанья являются препятствием для перемещения обмолачиваемой массы в молотилке, при этом они образуют за планкой определенное мертвое пространство, в котором накапливается мелкодисперсная составляющая растительной массы.

Качество эксплуатации молотилки зерноуборочного комбайна определяли по коэффициентам недомолота, сепарации, дробления и засоренности, поступившего на очистку зерна.

Определено, что потери и травмирование зерна при обмолоте в молотильно-сепарирующем устройстве происходит в большинстве случаев по влиянию окружной скорости барабана молотарки и зазора в молотильном барабане и подбарабанье. Так как зазор в молотильном пространстве может быть не постоянным и изменен с уменьшением со входа растительной массы в молотильное устройство до его выхода. Как обобщающий параметр, при исследованиях использовали зазор в молотильном пространстве при выходе с молотилки. Таким образом исследования проводили, определив частоту вращения барабана в 450 мин^{-1} . В результате исследований определили, что характерное влияние на потери и травмирование зерна имеет круговая скорость барабана. Так, при повышении частоты вращения на 100 мин^{-1} с 440 и до 540 мин^{-1} , потери и травмирование зерна увеличивались с 1,4 % до 5,4 %, то есть в 4 раза.

Ключевые слова: зерно, комбайн, потери, модель, сепарация, устройство

ANALYSIS OF LOSS OF GRAIN GRAINS BY CLASSICAL THRUSTING AND SEPARATING DEVICE OF GRAIN HARVESTER COMBINE

I. L. Rogovskii

Abstract. Based on the analysis of most domestic combines, it is established that they have a traditional scheme of threshing and separating device, which includes one or two sequentially arranged threshing threshers and keyboard straw shaker. The design of drumming from rods with cross plates provides, first of all, intensification of process of threshed grain. Cereals are threshed easily, so there is no need to intensify threshing. For example, when harvesting grain harvester KZS-9M "Slavutich" with a gap at the outlet between the threshing drum and the drum 18 mm and the speed of the threshing drum 450 мин^{-1} , the loss of threshing was absent in all experiments. In this case, the transverse plates of the drum are an obstacle to the movement of the threshed mass in the threshing-separating device, forming a dead space behind each bar, where a small component of plant mass accumulates.

The quality of the threshing and separating device of the combine harvester was determined by the coefficients of undersmilling, separation, crushing and clogging of the grain received for cleaning.

Damage to the grain during threshing in the thresher is mainly due to the influence of the circumferential linear velocity of the threshing drum and the gap between the threshing drum and the drum. Therefore, the gap in the threshing space is variable and changes in the direction of decrease from the entrance of the plant mass into the threshing device to its exit. To summarize, we used the gap in the threshing space at the outlet of the thresher. In this regard, the beginning of the tests was at a drum speed of 450 min^{-1} . During the tests it was found that the greatest influence on the damage to the grain has a circular linear speed of the threshing drum. Thus, when increasing the speed of the drum per 100 min^{-1} from 450 to 550 min^{-1} , the damage increased from 1.5% to 5.5% , ie almost 4 times.

Key words: grain, combine, losses, model, separation, device