

А. В. МАСЛЮК, здобувач науково ступеня доктора філософії*,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ,
І. Ю. БАРДИК, провідний фахівець,
С. В. ШУЛЯК, кандидат ветеринарних наук, старший дослідник,
Державний науково-дослідний інститут лабораторної діагностики
та ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ,
О. Л. ОРОБЧЕНКО, доктор ветеринарних наук, старший науковий співробітник,
В. О. УШКАЛОВ, доктор ветеринарних наук, професор, академік НААН,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ,
В. К. КЛОЧКОВ, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник,
С. Л. ЄФІМОВА, доктор фізико-математичних наук, професор,
член-кореспондент НАН України,
Інститут сцинтиляційних матеріалів, м. Харків
E-mail: ushkalov63@gmail.com

ФАРМАКОКІНЕТИКА РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ МЕТАЛІВ в організмі курчат-бройлерів за умов застосування ортованадатів гадолінію і лантану

Анотація. Нині триває пошук субстанцій, які сприятимуть підвищенню засвоювання поживних речовин з раціону і найперспективнішими в даному плані є наночастинки рідкісноземельних металів (РЗМ) – ортованадатів гадолінію ($\text{NP GdVO}_4:\text{Eu}^{3+}$) і лантану ($\text{NP LaVO}_4:\text{Eu}^{3+}$), синтезовані відносно недавно, оскільки вони забезпечують оптимізацію стану систем прооксидантно/антиоксидантного захисту і кисневого метаболізму та показали адаптогенну дію на організм білих щурів за умов кормового стресу. Метою роботи було дослідити фармакокінетику рідкісноземельних елементів в організмі курчат-бройлерів за умов застосування ортованадатів гадолінію і лантану. Проведено дослід на курчатах-бройлерах кросу "Кобб-500". За принципом аналогів було сформовано 3 дослідних та одну контрольну групи добових курчат-бройлерів ($n=30$): курчата I дослідної групи протягом 10 діб отримували розчин $\text{NP GdVO}_4:\text{Eu}^{3+}$, II дослідної групи – розчин $\text{NP LaVO}_4:\text{Eu}^{3+}$, III дослідної групи – розчин $\text{NP GdVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ та $\text{NP LaVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ (в середньому курчата отримували 0,09 (0,13-0,05) мг/кг маси тіла NP). Через 10 діб введення NP припиняли та спостерігали за курчатами ще 5 діб. Для дослідження відбирали проби м'язового шлунку, тонкого та товстого кишечника із вмістом, печінки, легень, головного мозку, пера зі шкірою, стежнових м'язів, серця, нирок. Установлено, що $\text{NP GdVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ більше володіють матеріальною кумуляцією, про що свідчить вміст Гадолінію в усіх досліджуваних органах і тканинах, а $\text{NP LaVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ – функціональною кумуляцією, оскільки менше засвоюються в організмі (лантан визначали у більшій мірі в травному тракті). Поряд із цим травний тракт можна розглядати як своєрідне депо наночастинок обох видів, особливо Лантану, оскільки через 5 діб після припинення введення відбувається перерозподіл як Лантану так і Гадолінію в організмі птиці. Оскільки основний критичний період у вирощуванні бройлерів становить перші 2 тижні життя, то для подолання стресу і підвищення адаптаційних можливостей організму наночастинки ортованадатів гадолінію і лантану можна застосовувати протягом 5-10 діб.

Ключові слова: ортованадати гадолінію і лантану, курчата-бройлери, фармакокінетика, залишкові кількості



Актуальність. Сучасні кроси птиці, відселекціоновані на високу швидкість росту, більш чутливі до різноманітних стресів, зокрема, досить поширеним явищем у птахівництві є "кормовий" стрес, пов'язаний в основному з диспропорціями поживних речовин, вітамінів і мікроелементів у комбікормах (Masliuk et al., 2021). Саме тому, для реалізації закладеного генетичного потенціалу, курчата-бройлери з перших днів життя потребують введення до раціону підвищеної кількості вітамінів та мікроелементів (Alagawany et al., 2020), що не завжди вигідно з економічного погляду, і підштовхує науковців до пошуку субстанцій, які сприятимуть підвищенню засвоювання поживних речовин з раціону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що завдяки своїм властивостям наночастинки за перорального введення можуть покращити засвоювання біологічно активних сполук та підвищити біодоступність мікроелементів, що приведе до покращення загального стану організму птиці та продукції птахівництва (Orobchenko et al., 2019; Orobchenko et al., 2020; Romanko et al., 2023). Найперспективнішими в даному плані є наночастинки рідкісноземельних металів (РЗМ) – ортованадатів гадолінію і лантану, синтезовані відносно недавно (Klochkov et al., 2012), а нашими попередніми дослідженнями їх пероральне застосування показало адаптогенну дію на організм білих щурів за умов кормового стресу та дозволили визначити безпечний діапазон доз – 0,03-0,15 мг/кг маси тіла (Маслюк та ін., 2023а; Маслюк та ін., 2023б).

Проте, застосування РЗМ потребує також і контролю їх залишкових кількостей в організмі сільськогосподарських тварин, оскільки надлишок металів може призвести до розвитку патологічних процесів і дисбалансу між есенційними елементами, що викликає важкі порушення функцій організму, а також РЗМ можуть потрапляти та накопичуватися у продукції тваринництва, що може чинити небезпеку в разі споживання такої продукції людиною. Тому, **метою нашої роботи** стало дослідити фармакокінетику рідкісноземельних елементів в організмі курчат-бройлерів за умов застосування ортованадатів гадолінію і лантану.

Матеріали і методи досліджень. З метою досягнення мети роботи проведено дослід на курчатах-бройлерах кросу "Кобб-500" (n=150) на базі віварію Державного науково-дослідного інституту лабораторної діагностики і ветеринарно-санітарної експертизи. Птицю утримували за оптимальних умов: за температури в кімнаті 28±4 °C та відносної вологості повітря 60-70%; цикл освітлення "день-ніч" упродовж експерименту складав 15-9 год із забезпеченням 18-разової зміни об'єму повітря в кімнаті віварію за годину.

Слід зазначити, що маніпуляції над курчатами здійснювали відповідно до існуючих нормативних документів, що регламентують організацію робіт із використанням експериментальних тварин і дотримання принципів "Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються в експериментальних та інших наукових цілях" (Страсбург, 1986).

**Науковий керівник – доктор ветеринарних наук, професор, академік НААН В.О. Ушкалов*

У роботі використовували дослідні зразки наночастинок ортованадату гадолінію ($\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$) (веретеноподібної геометрії, розміром 8×25 нм) та ортованадату лантану ($\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$) (стрижнеподібної геометрії, розміром 8×80 нм), з вихідною концентрацією $1,0$ г/дм³. Дослідні зразки наночастинок синтезовано та стандартизовано відповідно стабільності та розміру у відділі наноструктурних матеріалів імені Ю.В. Малюкіна Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України (рис. 1).

За принципом аналогів було сформовано 3 дослідних та одну контрольну групи добоових курчат-бройлерів ($n=30$): курчата I дослідної групи протягом 10 діб отримували розчин $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ у дозі $0,2$ мг/дм³ питної води, II дослідної групи – розчин $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ у дозі $0,2$ мг/дм³ питної води, III дослідної групи – розчин $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ та $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ у дозі по $0,2$ мг/дм³ питної води (у середньому курчата отримували $0,09$ мг/кг ($0,13$ - $0,05$ мг/кг) маси тіла NP), курчата контрольної групи отримували питну воду без добавок. Через 10 діб введення NP припиняли та спостерігали за курчатами ще 5 діб. Загальний термін досліджень склав 15 діб.

Під час CO_2 наркозу проводили евтаназію експериментальних курчат через 5 і 10 діб після початку введення та через 5 діб після припинення введення препаратів по 10 курчат з групи з метою відбору проб крові шляхом тотального знекровлення та після розтину – проби м'язового шлунка, тонкого та товстого кишечника із вмістом, печінки, легень, головного мозку, пера зі шкірою, стегнових м'язів, серця, нирок для подальшого визначення фармакокінетики Гадолінію і Лантану в організмі птиці.

Дослідження фармакокінетики Гадолінію і Лантану проводили з використанням розробленої у науково-дослідному хіміко-токсикологічному відділі ДНДІЛВСЕ методики з використанням ICP OES на оптико-емісійному спектрометрі PlasmaQuant PQ 9000 (Німеччина). Для мінералізації біологічних зразків використовували систему Milestone Ethnos Easy з автоклавами ротора високого тиску HPR-1000/10S (Milestone, Італія).

Проби тканин і внутрішніх органів об'єднували від двох курчат з групи для виявлення статистично вірогідних відхилень, таким чином кількість проб з кожного органу (тканини) від групи становила 5 ($n=5$). Результати досліджень обробляли статистично з використан-

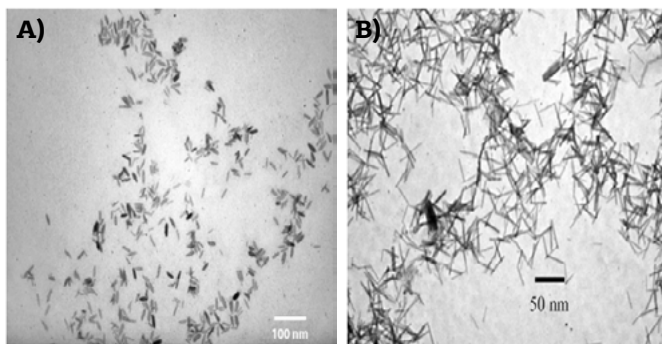


Рис. 1. Фотографія (просвічуюча електронна мікроскопія, TEM-125K, Selmi, Україна) наночастинок: **А)** $\text{GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$; **В)** $\text{LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$

ням програми дисперсійного аналізу (ANOVA) StatPlus 7.6.5.0 (AnalystSoft Inc., США). Вірогідність отриманих результатів оцінювали за критерієм Тьюкі (HSD різниці середніх) за рівня вірогідності 95,0% ($P<0,05$).

Результати досліджень та їх обговорення. Слід зазначити, що в органах і тканинах контрольної групи курчат не виявляли обох РЗМ. Також значну кількість РЗМ визначали в пробах пір'я і шкіри, що може бути пов'язано з механічним заносом елементів під час пиття, тому в загальний аналіз дані результати не включали.

Результати визначення вмісту Гадолінію в органах і тканинах курчат-бройлерів I дослідної групи, яким з питною водою вводили $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ $0,2$ мг/дм³, наведено в таблиці 1. Так, основну кількість Гадолінію протягом терміну досліджень визначали у травному тракті курчат (max $4125,00\pm 85,25$ мг/кг у товстому кишечнику із вмістом на 10-у добу введення). Основними органами концентраторами визначено печінку (max $2298,00\pm 33,73$ мг/кг через 5 діб введення) та легені (max $1707,00\pm 36,89$ мг/кг через 5 діб введення), дещо нижчий вміст знаходився в нирках та м'язовій тканині. Цікавим фактом є те, що Гадоліній досить повільно виводиться із організму, про що свідчать значні його кількості в органах і тканинах курчат-бройлерів через 5 діб після припинення введення, тобто існує ефект пролонгованої дії.

Розподіл Лантану в організмі курчат-бройлерів, які з питною водою отримували $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ $0,2$ мг/дм³, був іншим (табл. 1). Основну кількість Лантану визначали у

1. Динаміка вмісту Гадолінію і Лантану в організмі курчат-бройлерів, які отримували з питною водою різні РЗМ та їх суміш ($M \pm m$, $n=5$)

Група курчат		I дослідна (NP GdVO ₄ :Eu ³⁺)	III дослідна NP GdVO ₄ :Eu ³⁺ NP LaVO ₄ :Eu ³⁺		II дослідна NP LaVO ₄ :Eu ³⁺
Орган, тканина, мкг/кг			Гадоліній	Лантан	
М'язовий шлунок із вмістом	1	3514,00±85,20	4324,00±66,48*	8131,00±86,21**	5137,00±95,70
	2	1545,00±79,05	4492,00±73,15*	6721,00±71,30**	5075,00±88,48
	3	1230,00±64,12	1413,00±56,18	5008,00±66,26**	2930,00±72,27
Тонкий кишечник із вмістом	1	1512,00±59,50	1572,00±92,59	1967,00±59,54**	970,50±36,02
	2	1467,00±40,43	1639,00±48,81*	1294,00±22,03**	2598,00±59,03
	3	1877,00±61,78	1570,00±56,72*	1351,00±38,05	1443,00±35,30
Товстий кишечник із вмістом	1	2223,00±56,40	3510,00±39,33*	8354,00±96,84**	7119,00±120,91
	2	4125,00±85,25	4518,00±43,66*	8751,00±68,11**	8022,00±70,81
	3	1738,00±42,94	2070,00±48,00*	6227,00±57,75	6220,00±73,56
Сироватка крові, мкг/дм ³	1	185,20±4,42	48,80±5,70*	Не виявлено	Не виявлено
	2	215,80±4,02	136,60±9,11*	Не виявлено	Не виявлено
	3	189,60±4,65	114,60±7,95*	129,60±22,25**	212,80±5,55
Печінка	1	2298,00±33,73	1479,00±65,03*	Не виявлено	Не виявлено
	2	2106,00±59,34	1791,00±77,11*	Не виявлено	Не виявлено
	3	1619,00±46,95	1856,00±77,45*	315,20±17,86**	445,60±12,08
Легені	1	1707,00±36,89	1746,00±84,86	Не виявлено	Не виявлено
	2	1696,00±20,69	1951,00±81,48*	Не виявлено	Не виявлено
	3	1311,00±27,58	2024,00±53,26*	105,40±6,33**	448,80±9,61
Головний мозок	1	269,00±9,43	284,60±14,70	Не виявлено	Не виявлено
	2	300,40±10,38	270,00±19,05	Не виявлено	Не виявлено
	3	55,60±7,78	293,40±13,52*	841,60±14,48**	368,40±6,24
Пір'я і шкіра	1	4915,00±77,35	6279,00±83,84*	8126,00±68,33**	8646,00±72,98
	2	3614,00±68,97	5183,00±96,69*	5800,00±75,98**	6390,00±59,22
	3	688,60±9,36	990,80±69,81*	1554,00±50,52**	1292,00±80,63
Стегнові м'язи і кістки	1	508,80±10,43	497,20±21,96	265,00±16,76**	154,80±9,10
	2	583,20±19,53	615,90±7,37	473,00±19,89**	119,80±9,14
	3	405,40±9,87	510,40±13,93*	333,00±9,76**	49,60±3,76
Серце	1	690,40±21,76	788,80±15,92*	Не виявлено	Не виявлено
	2	544,40±12,91	769,60±12,36*	Не виявлено	Не виявлено
	3	473,80±11,79	497,80±11,42	177,20±14,13**	458,00±6,31
Нирки	1	491,60±10,06	528,20±25,26	Не виявлено	Не виявлено
	2	639,00±7,55	655,80±35,82	Не виявлено	Не виявлено
	3	452,80±10,22	708,20±8,90*	333,40±9,70**	410,80±5,45

ПРИМІТКА: 1, 2, 3 – 5, 10 діб після початку введення та 5 діб після припинення введення наночастинок відповідно; * – $P < 0,05$ – проти I дослідної групи (Гадоліній); ** – $P < 0,05$ – проти II дослідної групи (Лантан).



травному тракті курчат, тоді як у тканинах і органах протягом терміну введення його не виявляли. Виключенням становили проби м'язів із кістками, у яких визначали незначні кількості елементу, однак після припинення введення Лантан виявляли у всіх пробах органів і тканин (табл. 1).

У III дослідній групі, курчата-бройлери якої отримували з питною водою $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ по $0,2 \text{ мг/дм}^3$ розподіл елементів мав схожу картину як за введення монометалів. Проте під час порівняння між групами відзначали певні вірогідні статистичні розбіжності ($P < 0,05$). Так, через 5 діб рівень Гадолінію у м'язовому шлунку курчат III дослідної групи із вмістом перевищував відповідний показник за введення монометалу на 23,1%, а через 10 діб – у 2,9 раза відповідно, тоді як через 5 діб після припинення введення не відмічали вірогідних змін вмісту Гадолінію. У тонкому кишечнику із вмістом у III дослідній групі рівень Гадолінію через 5 діб введення не мав вірогідної різниці, тоді як через 10 діб введення вірогідно перевищував показник I дослідної групи на 11,7%, а через 5 діб після припинення введення знижувався на 16,4%. У товстому кишечнику курчат-бройлерів III дослідної групи із вмістом, яким вводили суміш наночастинок РЗМ, протягом усього експерименту спостерігали вірогідне перевищення показників рівню Гадолінію I дослідної групи (вводили лише $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$) на 57,9; 9,5 і 19,1% через 5; 10 діб введення і через 5 діб після припинення введення відповідно, тоді як у сироватці крові курчат, навпаки, концентрація Гадолінію була нижче за показники I групи на 73,7; 36,7 і 39,6% відповідно. Протягом терміну введення вміст Гадолінію у печінці курчат III дослідної групи був нижчий

за показники I групи, що на 5- і 10-у добу становило 35,6 і 15,0%, тоді як через 5 діб після припинення введення вірогідно перевищував контроль на 14,6%. У легенях курчат III дослідної групи вміст Гадолінію через 5 діб введення не мав вірогідної різниці, тоді як через 10 діб введення і 5 діб після припинення введення вірогідно перевищував показник I дослідної групи на 15,0 і 54,4%. У головному мозку, стегнових м'язах з кістками та нирках курчат III дослідної групи вміст Гадолінію не мав вірогідних відхилень від показників I дослідної групи протягом терміну введення, а через 5 діб після припинення введення вірогідно перевищував показник I дослідної групи у 5,3 раза; на 25,9 та 56,4% відповідно. Через 5 діб вміст Гадолінію у серці курчат III дослідної групи перевищував відповідний показник за введення монометалу на 14,3%, а через 10 діб – на 41,4% відповідно, тоді як через 5 діб після припинення введення не відмічали вірогідних змін вмісту Гадолінію. Враховуючи можливість механічного заносу наночастинок на шкіру курчат, слід зазначити, що вміст Гадолінію у цій тканині курчат III дослідної групи перевищував показник I дослідної групи протягом усього терміну дослідження: через 5; 10 діб введення і через 5 діб після припинення введення перевищення відповідно становило 27,8; 43,4 і 43,8%.

У м'язовому шлунку курчат-бройлерів III дослідної групи із вмістом, яким вводили суміш $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$, протягом усього експерименту спостерігали вірогідне перевищення показників рівню Лантану II дослідної групи (вводили лише $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$) на 59,3; 32,4 і 70,9% через 5; 10 діб введення і через 5 діб після припинення введення відповідно.

Через 5 діб рівень Лантану в тонкому і товстому кишечнику курчат III дослідної групи із вмістом перевищував відповідний показник за введення монометалу в 2,0 рази і на 17,3% відповідно, а через 10 діб – на 50,2 і 9,1% відповідно, тоді як через 5 діб після припинення введення не відмічали вірогідних змін вмісту Лантану. У сироватці крові, печінці, легенях, головному мозку, серці та нирках курчат III дослідної групи як і у II групі протягом терміну введення не виявляли Лантану, проте через 5 діб після припинення введення спостерігали вірогідне підвищення вмісту Лантану в головному мозку – у 2,3 рази, тоді як у сироватці крові, печінці, легенях, серці і нирках установлено зниження вмісту РЗМ на – на 39,1; 29,3; 76,5; 61,3 та 18,8% відповідно. У стегових м'язах з кістками курчат-бройлерів III дослідної групи, яким вводили суміш $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ та $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$, протягом усього експерименту спостерігали вірогідне перевищення показників вмісту Лантану II дослідної групи (вводили лише $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$) на 71,2%; у 3,9 і 6,7 рази через 5; 10 діб введення і через 5 діб після припинення введення відповідно. Враховуючи можливість механічного заносу наночастинок на шкіру курчат, слід зазначити, що вміст Лантану в цій тканині курчат III дослідної групи протягом терміну введення був нижче показника II дослідної групи: через 5 і 10 діб введення на 6,0 і 9,2%, тоді як через 5 діб після припинення введення виявляли перевищення вмісту РЗМ, яке становило 20,3%.

Отже, за результатами визначення фармакокінетики РЗМ в організмі курчат-бройлерів можна сказати, що $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ більше доступний. Поряд із цим травний тракт можна розглядати як своєрідне депо наночастинок обох видів, особливо Лантану, оскільки через 5 діб після припинення введення відбувається перерозподіл як Лантану, так і Гадолінію в організмі птиці. Оскільки основний критичний період у вирощуванні бройлерів становить перші 2 тижні життя, то для подолання стресу і підвищення адаптаційних можливостей організму, на нашу думку, є застосування наночастинок ортованадатів гадолінію і лантану протягом 5-10 діб. Більш тривале застосування може призвести до накопичення РЗМ у продукції, особливо Гадолінію.

ВИСНОВКИ

1. Наночастинки ортованадату гадолінію володіють матеріальною кумуляцією, про що свідчить вміст Гадолінію в усіх досліджуваних органах і тканинах, а наночастинки ортованадату лантану – функціональною кумуляцією, оскільки менше засвоюються в організмі (лантан визначали у більшій мірі в травному тракті).
2. Для подолання стресу і підвищення адаптаційних можливостей організму курчат-бройлерів наночастинки ортованадатів гадолінію і лантану можна застосовувати протягом 5-10 діб з питною водою у дозі у дозі 0,2 мг/дм³ питної води (у середньому 0,09 (0,13-0,05) мг/кг маси тіла).

Перспективи подальших досліджень. Дослідити вплив наночастинок ортованадатів гадолінію і лантану на якість м'яса курчат-бройлерів. ■

A. V. MASLIUK, candidate of the degree Doctor of Philosophy,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv,

I. Yu. BARDYK, leading Specialist,

S. V. SHULYAK, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher Fellow, State Scientific Research Institute of Laboratory Diagnostics and Veterinary and Sanitary Expertise, Kyiv, Ukraine,

O. L. OROBCHENKO, Doctor of Veterinary Sciences, Senior Researcher Fellow,

V. O. USHKALOV, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the NAAS, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

V. K. KLOCHKOV, Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher Fellow,

S. L. YEFIMOVA, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Corresponding member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Scintillation Materials, Kharkiv, Ukraine

E-mail: ushkalov63@gmail.com

Pharmacokinetics of rare-earth metals in the body of broiler chickens under the conditions of using gadolinium and lanthanum orthovanadate

Abstract. *Currently, the search for substances that will help increase the assimilation of nutrients from the diet continues, and the most promising in this regard are nanoparticles of rare earth metals (REM) – orthovanadates of gadolinium ($\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$) and lanthanum ($\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$), synthesized relatively recently, because they provide optimization of the state of pro-oxidant/antioxidant defense systems and oxygen metabolism and showed an adaptogenic effect on the body of white rats under conditions of food stress. The aim of the work was to investigate the pharmacokinetics of rare earth elements in the body of broiler chickens under the conditions of the use of gadolinium and lanthanum orthovanadates. An experiment was conducted on broiler chickens of the "Cobb-500" cross. According to the principle of analogues, 3 experimental and one control group of day-old broiler chickens ($n=30$) were formed: the chickens of the I experimental group received a solution of $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ for 10 days, the II experimental group received a solution $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$, III experimental group – a solution of $\text{NP GdVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ and $\text{NP LaVO}_4\cdot\text{Eu}^{3+}$ (on average, chickens received 0.09 (0.13-0.05) mg/kg of NP body weight). After 10 days, NP administration was stopped and the chickens were observed for another 5 days. For the study, samples of muscle stomach, small and large intestine with contents, liver, lungs, brain, feather with skin, thigh muscles, heart, kidneys*

were taken. It was established that $GdVO_4:Eu^{3+}$ NPs have greater material accumulation, as evidenced by the content of gadolinium in all the examined organs and tissues, and $LaVO_4:Eu^{3+}$ NPs – functional accumulation, since they are less absorbed in the body (lanthanum was determined to a greater extent in the digestive tract). Along with this, the digestive tract can be considered as a kind of depot of nanoparticles of both species, especially lanthanum, since 5 days after the end of

administration, both lanthanum and gadolinium are redistributed in the bird's body. Since the main critical period in growing broilers is the first 2 weeks of life, nanoparticles of gadolinium and lanthanum orthovanadates can be used for 5-10 days to overcome stress and increase the adaptation capabilities of the body.

Key words: gadolinium and lanthanum orthovanadates, broiler chickens, pharmacokinetics, residual amounts

Література

- Маслюк А. В., Оробченко О. Л., Романько М. Є., Коренева Ю. М., Клочков В. К., Єфімова С. Л., Кавок Н. С. Стан метаболічних показників крові білих шурів за субхронічного перорального надходження наночастинок ортованадату гадолінію на фоні кормового стресу. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Ветеринарні науки*. 2023а. № 25(109). С. 67-78. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10911>.
- Маслюк А. В., Оробченко О. Л., Романько М. Є., Клочков В. К., Єфімова С. Л., Кавок Н. С., Курбацька О. В. Стан метаболічних показників крові білих шурів за субхронічного перорального надходження наночастинок ортованадату лантану на фоні кормового стресу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Ветеринарна медицина*. 2023b. № 1(60). С. 63-73. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2023.1.11>.
- Alagawany M., Elnesr S. S., Farag M. R., Tiwari R., Yatoo M. I., Karthik K., Michalak I., Dhama K. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*. 2020. Vol. 41(1). P. 1-29. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1857887>.
- Klochkov V. K., Grigorova A. V., Sedyh O. O., Malyukin Yu. V. Characteristics of $nLnVO_4:Eu^{3+}$ (Ln = La, Gd, Y, Sm) sols with nanoparticles of different shapes and sizes. *Journal of Applied Spectroscopy*. 2012. Vol. 79(5). P. 726-730. <https://doi.org/10.1007/s10812-012-9662-7>.
- Masliuk A. V., Orobchenko O. L., Romanko M. Ye., Gerilovych I. O., Chechet O. M., Shuliak S. V. Monitoring of feed for chickens by the content of vitamins and microelements. *Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety*. 2021. Vol. 7(3). P. 32-45. <https://doi.org/10.36016/JVMBBS-2021-7-3-5>.
- Orobchenko O. L., Romanko M. Y., Paliy A. P., Dotsenko R. V., Morozenko D. V., Glibova K. V., Doletskyi S. P., Paliy A. P. Evaluation of Ag, Cu, Fe and MnO_2 nanoparticle mixture effect on histomorphological state of internal organs and tissues in laying hens. *Ukrainian journal of ecology*. 2020. Vol. 10(4). P. 165-174. https://doi.org/10.15421/2020_184. [in English].
- Orobchenko O. L., Romanko M. Y., Kutsan O. T. Transovarial effect of the mixture of metal nanoparticles (Ag, Cu, Fe, MnO_2) on biochemical indices of blood of one-day-old chickens compared to metal salts. *Agricultural science and practice*. 2019. Vol. 6(3). P. 14-27. <https://doi.org/10.15407/agrisp6.03.014>. [in English].
- Romanko M., Orobchenko O., Paliy A., Ushkalov V., Paliy A., Chechui H. Evaluation of biochemical markers in the blood plasma of rats exposed to chronic administration of a mixture of metal nanoparticles. *Veterinarska stanica*. 2023. Vol. 54(1). P. 69-85. <https://doi.org/10.46419/vs.54.1.10>. [in English].

References

- Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yatoo, M. I., Karthik, K., Michalak, I., & Dhama, K. (2020). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 41(1), 1-29. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1857887>. [in English].
- Klochkov, V. K., Grigorova, A. V., Sedyh, O. O., & Malyukin, Yu. V. (2012). Characteristics of $nLnVO_4:Eu^{3+}$ (Ln = La, Gd, Y, Sm) sols with nanoparticles of different shapes and sizes. *Journal of Applied Spectroscopy*, 79(5), 726-730. <https://doi.org/10.1007/s10812-012-9662-7>. [in English].
- Masliuk, A. V., Orobchenko, O. L., Romanko, M. Ye., Gerilovych, I. O., Chechet, O. M., & Shuliak, S. V. (2021). Monitoring of feed for chickens by the content of vitamins and microelements. *Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety*, 7(3), 32-45. <https://doi.org/10.36016/JVMBBS-2021-7-3-5>. [in English].
- Masliuk, A. V., Orobchenko, O. L., Romanko, M. Ye., Koreneva, Yu. M., Klochkov, V. K., Yefimova, S. L., & Kavok, N. S. (2023a). Stan metabolichnykh pokaznykiv krovi bilykh shchuriv za subkhronichnoho peroralnoho nadkhodzhennia nanochastynok ortovanadatu hadoliiiiu na foni kormovoho stresu [The state of metabolic parameters of the blood in white rats under conditions of long-term oral administration of gadolinium orthovanadate nanoparticles under food stress]. *NV LNU veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Seriya: Veterynarni nauky* [Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences], 25(109), 67-78. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10911>. [in Ukrainian].
- Masliuk, A. V., Orobchenko, O. L., Romanko, M. Y., Klochkov, V. K., Yefimova, S. L., Kavok, N. S., & Kurbatska O. V. (2023b). Stan metabolichnykh pokaznykiv krovi bilykh shchuriv za subkhronichnoho peroralnoho nadkhodzhennia nanochastynok ortovanadatu lantanu na foni kormovoho stresu [The state of metabolic parameters of the blood in white rats under conditions of long-term oral administration of lanthanum orthovanadate nanoparticles under food stress]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Veterynarna medytsyna* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine], 1(60), 63-73. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2023.1.11>. [in Ukrainian].
- Orobchenko, O. L., Romanko, M. Y., Paliy, A. P., Dotsenko, R. V., Morozenko, D. V., Glibova, K. V., Doletskyi, S. P., & Paliy, A. P. (2020). Evaluation of Ag, Cu, Fe and MnO_2 nanoparticle mixture effect on histomorphological state of internal organs and tissues in laying hens. *Ukrainian journal of ecology*, 10(4), 165-174. https://doi.org/10.15421/2020_184. [in English].
- Orobchenko, O. L., Romanko, M. Y., & Kutsan, O. T. (2019). Transovarial effect of the mixture of metal nanoparticles (Ag, Cu, Fe, MnO_2) on biochemical indices of blood of one-day-old chickens compared to metal salts. *Agricultural science and practice*. 6(3), 14-27. <https://doi.org/10.15407/agrisp6.03.014>. [in English].
- Romanko, M., Orobchenko, O., Paliy, A., Ushkalov, V., Paliy, A., & Chechui, H. (2023). Evaluation of biochemical markers in the blood plasma of rats exposed to chronic administration of a mixture of metal nanoparticles. *Veterinarska stanica*, 54(1), 69-85. <https://doi.org/10.46419/vs.54.1.10>. [in English].