

## Mathematical and statistical analysis of interdependences of parasites of the intestinal canal of pigeons (*Columba livia domestica* Gmelin, 1789)

P. Liulin<sup>1</sup> | M. Bogach<sup>2</sup> | O. Getmanets<sup>3</sup> | A. Antipov<sup>4</sup>

### Article info

Correspondence Author  
P. Liulin

E-mail:  
[liulinpetr@gmail.com](mailto:liulinpetr@gmail.com)

<sup>1</sup>State Biotechnological University,  
44, Alchevsky Str.,  
Kharkiv, 61002, Ukraine

<sup>2</sup>Odessa Research Center,  
National Scientific Center  
“Institute of Experimental and  
Clinical Veterinary Medicine”  
NAAS of Ukraine,  
Svobody Ave, 2,  
65037, Odessa, Ukraine

<sup>3</sup>Kharkiv National  
V. N. Karazin University,  
Svobody square, 4,  
61022, Kharkiv, Ukraine

<sup>4</sup>Bila Tserkva National Agrarian  
University,  
8/1, Soborna pl., Bila Tserkva,  
09117, Ukraine

**Citation:** Liulin, P., Bogach, M., Getmanets, O., & Antipov, A. (2024). Mathematical and statistical analysis of interdependences of parasites of the intestinal canal of pigeons (*Columba livia domestica* Gmelin, 1789). *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 144–148. doi: 10.31210/spi2024.27.01.24

The paper presents the results of a mathematical and statistical analysis of the interdependencies of pathogens for parasitocenosis of the intestinal canal of pigeons. The purpose of the research was to find out the peculiarities of the distribution, biodiversity and interdependence of the causative agents of parasitocenoses of the intestinal canal in pigeons of private farms in the Kharkiv region. Epizootological, parasitological, coproscopic – (helminthoscopic, helmintoovoscopic), mathematical and statistical methods of correlation and two-factor analysis were used. The structural biodiversity of parasitocenoses of the intestinal canal of pigeons was determined. 9 types of pathogens were identified, of which 4 types of protozoa – types Apicomplexa, Zoomastophora and 5 types of helminths – 4 species of nematodes of the classes Adenophorea, Secernentea, 1 species of the class Cestoda, manifestations of monoinvasions among 13.82 %, – *Eimeria* spp. (EI – 6.91 %) and mixed two-, three- and four-component infestations (parasitocenoses) among 45.62 %, or 76.25 % of the number of infested pigeons. The identified main (dominant) components are *Eimeria* spp. (VIP) – 43.45 % and *Capillaria* spp. (VIP) – 33.07 %; secondary – *Ascaridia columbae* (VIP) – 15.93 % and *Trichomonas gallinae* (VIP) – 4.77 %, and additional species – *Raillietina tetragona* (VIP – 1.97 %) and *Trichosngylus tenuis* (VIP – 0.77 %) of parasitocenosis intestinal canal of pigeons. Established correlational interdependencies between pathogens – very high and high correlation between *Eimeria* spp. and nematodes and cestodes; between nematodes: *Ascaridia columbe* and *Capillaria* spp. and *Trichosngylus tenuis*; very weak correlation between *Eimeria* spp. and *Trichomonas gallinae*, as well as between *Ascaridia columbae*, *Capillaria* spp. and *Trichomonas gallinae*, which indicates, respectively, the presence of synergistic and competitive relationships between the components of parasitocenoses.

**Keywords:** structural biodiversity, parasitocenosis, correlation, intestinal invasions, pigeons.

## Математико-статистичний аналіз взаємозалежностей збудників за паразитоценозів кишкового каналу голубів (*Columba livia domestica* Gmelin, 1789)

П. В. Люлін<sup>1</sup> | М. В. Богач<sup>2</sup> | О. М. Гетманец<sup>3</sup> | А. А. Антіпов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Державний біотехнологічний  
університет,  
м. Харків, Україна

<sup>2</sup>Одеська дослідна станція  
Національного наукового  
центру «Інститут  
експериментальної  
і клінічної ветеринарної  
медицини»,  
м. Одеса, Україна

<sup>3</sup>Харківський національний  
університет ім. В. Н. Каразіна,  
м. Харків, Україна

<sup>4</sup>Білоцерківський  
національний аграрний  
університет,  
м. Біла Церква, Україна

У роботі представлені результати математико-статистичного аналізу взаємозалежностей збудників за наявності паразитоценозів кишкового каналу голубів. Метою досліджень було з'ясувати особливості поширення, біорізноманітність та взаємозалежність збудників паразитоценозів кишкового каналу голубів у приватних господарствах Харківської області. Використано епізоотологічні, паразитологічні, копроскопічні – (гельмінтоскопічні, гельмінтоовоскопічні), математико-статистичні, кореляційного та двофакторного аналізу методи досліджень. Визначена структурна біорізноманітність паразитоценозів кишкового каналу голубів. Виявлено 9 видів збудників, із них 4 види найпростіших типів Apicomplexa, Zoomastophora та 5 видів гельмінтів – 4 види нематод класів Adenophorea, Secernentea, 1 вид класу Cestoda, прояви моноінвазій серед 13,82 %, – *Eimeria* spp. (EI – 6,91 %) та змішаних дво- три- і чотириккомпонентних інвазій (паразитоценозів) серед 45,62 %, або 76,25 % від кількості інвазованих голубів. Визначені основні (домінуючі) компоненти – *Eimeria* spp. (ВІП) – 43,45% та *Capillaria* spp. (ВІП) – 33,07 %; другорядні – *Ascaridia columbae* (ВІП) – 15,93 % та *Trichomonas gallinae* (ВІП) – 4,77 %, і додаткові види – *Raillietina tetragona* (ВІП – 1,97 %) та *Trichosngylus tenuis* (ВІП – 0,77 %) паразитоценозів кишкового каналу голубів. Встановлені кореляційні взаємозалежності між збудниками – дуже висока та висока кореляція між *Eimeria* spp. та нематодами і цестодами; між нематодами: *Ascaridia columbe* та *Capillaria* spp. і *Trichosngylus tenuis*; дуже слабка кореляція між *Eimeria* spp. і *Trichomonas gallinae*, а також між *Ascaridia columbae*, *Capillaria* spp. та *Trichomonas gallinae*, що свідчить про наявність синергічних та конкурентних взаємовідносин між компонентами паразитоценозів.

**Ключові слова:** структурна біорізноманітність, паразитоценоз, кореляція, кишкові інвазії, голуби.

**Бібліографічний опис для цитування:** Люлін П. В., Богач М. В., Гетманец О. М., Антіпов А. А. Математико-статистичний аналіз взаємозалежностей збудників за паразитоценозів кишкового каналу голубів (*Columba livia domestica* Gmelin, 1789). *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 144–148.

## Вступ

Антропогенне навантаження на природні екосистеми, як правило, призводять до порушень гомеостазу, структурно-видової біорізноманітності паразитофаун, формування паразитоценозів та еколого-паразитарних систем. Вітчизняні і зарубіжні дослідники останнім часом повідомляють про зміни епізоотичної ситуації, значне поширення інвазій кишкового каналу у різних видів домашніх та диких голубів [1–8, 10], прояви змішаних протозойно-гельмінтозних інвазій [6–8, 13–16, 18, 22] та формування стійких паразитоценозів (грец. *parasitos* – паразит і *koinos* – загальний) – сукупності усіх паразитів, що населяють організм, його органи й частини тіла [25, 27] переважно із хронічним перебігом та слабо вираженими клінічними ознаками: погіршенням загального стану птахів, зниженням апетиту, проявами розладу травлення, схудненням, відставанням у рості та розвитку, виснаженням, загибеллю молодняка [1, 3, 5, 10, 11, 14, 31, 32], а в деяких регіонах становлять загрозу їх зникнення [21]. Паразити у голубів окремих видів збудників, особливо *Capilaria obsignata* та розвиток мікстінвазій за їх участі та *Ascaridia columbae* можуть спричиняти високий рівень смертності [28].

Проте питання взаємодії, взаємозв'язків та взаємозалежностей між збудниками – компонентами паразитоценозів кишкового каналу голубів, представниками різних таксономічних груп – найпростіших, гельмінтів та їхніх поєднань залишаються недостатньо дослідженими.

## Мета дослідження

**Мета** роботи: провести аналіз взаємодії та взаємозалежностей між збудниками – компонентами паразитоценозів кишкового каналу голубів.

**Завдання** досліджень: дослідити поширення, структурно-видову біорізноманітність, визначити кореляційні взаємозалежності між збудниками за наявності паразитоценозів кишкового каналу голубів.

## Матеріали і методи

Дослідження проводили в індивідуальних господарствах з утримання голубів східного регіону України, науковій лабораторії кафедри фармакології та паразитології факультету ветеринарної медицини Державного біотехнологічного університету (м. Харків) упродовж 2021–2023 років.

У процесі роботи використано методи загально-прийнятих епізоотологічних, клініко-паразитологічних, копроскопічних, евісцерації та гельмінтологічного розтину за К. І. Скрябіним [30], гельмінтоскопії та математико-статистичних досліджень.

Матеріалом досліджень слугували фекалії, які відбирали методом випадкової вибірки безпосередньо після дефекації та індивідуально з клоаки. Проби фекалій досліджували за допомогою методів нативного мазка, висячої, роздавленої краплі та флотаційним методом Фюллеборна [19]. Визначали основні показники – екстенсивність інвазії (EI %),

індекс зараженості (IЗ), видовий індекс паразитоценозу (ВІП %) [26].

Індекс зараженості (IЗ) визначали за формулою:

$$IЗ = EI / n,$$

де: IЗ – індекс зараженості;

EI – екстенсивність інвазії;

n – кількість виявлених видів збудників.

Видовий індекс паразитоценозу (ВІП %) визначали за формулою:

$$ВІП \% = \frac{IЗ_{\text{вид}}}{\sum IЗ_{1-n}} \times 100\%$$

де, ВІП % – видовий індекс паразитоценозу;

$\sum IЗ_{1-n}$  – сума індексів зараженості компонентами паразитоценозу;

$IЗ_{\text{вид}}$  – індекс зараженості окремим видом збудника.

Видову належність збудників встановлювали за морфологічними показниками овоскопічних елементів та виявлених гельмінтів при світловій мікроскопії за умови збільшення ( $\times 80$ ;  $\times 100$ ) (мікроскоп Ахioscop – 40, Німеччина), даних визначників – спеціальних атласів диференціальної діагностики [11, 12, 29]. Статус збудників у паразитоценозах (основний, другорядний, додатковий) встановлювали відповідно до гіпотези Ханські методом Буша і Холмса за показниками індексу зараженості (IЗ) та видового індексу паразитоценозу (ВІП %).

Диференціацію онкосфер цестод (райетин, давній) проводили відповідно до методики (патент на корисну модель 78451) [9].

Дослідження взаємозв'язків між збудниками встановлювали за результатами проведення атематико-статистичного аналізу (кореляційний, двофакторний аналіз) у програмному забезпеченні MS Excel [20].

## Результати та їх обговорення

Аналіз матеріалів копроскопічних досліджень (n=217) показав, що інвазії кишкового каналу голубів у господарствах Харківської області дуже поширені (EI – 59,44 %), про що повідомляють й інші дослідники [1, 2, 4–6, 13, 16, 17, 28]. Структурно-видова біорізноманітність паразитофауни кишкового каналу досліджених голубів була представлена найпростішими типами Apicomplexa, Zoomastigophora, гельмінтами класів Cestoda, Secernentea та Adenophorea, нараховувала 4 види найпростіших та 5 видів гельмінтів, із них 4 види нематод і 1 вид цестод:

1. *Eimeria labbeana* (Labbe, 1896; Pinto, 1928)
2. *Eimeria columbae* (Mitra and Das Gupta, 1937)
3. *Eimeria columbarum* (Nieschulz, 1935)
4. *Trichomonas galline* (Rivolta, 1878)
5. *Ascaridia columbae* (Gmelin, 1979)
6. *Trichostrongylus tenuis* (Mehlis, 1846)
7. *Capilaria obsignata* (Madsen, 1945)
8. *Capillaria caudinflata* (Molin, 1858)
9. *Railleitina tetragona* (Molin, 1858)

Найбільш поширеними (таблиця 1) виявилися збудники протозойних інвазії (ЕІ – 55,75 %), зокрема *Eimeria* spp. (ЕІ – 50,23 %, середня інтенсивність інвазії 257,3±12,6 ооцист в 1 г посліду), *Trichomonas gallinae* (ЕІ – 5,52 %, інтенсивність інвазії 9,7±1,5 збудників в 1 г посліду) та гельмінти,

загальна інвазованість ЕІ – 59,90%, із яких найпоширенішими були *Capillaria* spp. (ЕІ – 38,24 %), *Ascaridia columbae* (ЕІ – 18,43 %) за інтенсивності інвазії, відповідно, 48,6±6,2; 26,16±4,9 1 г посліду. Менш поширеними були цестоди – *Raillietina tetragona* (ЕІ – 2,3 %).

**Таблиця 1**

Інвазованість голубів Харківська область (n=217; M±m)

№ п/п	Збудники	Досліджено (гол.)	Інвазовано (гол.)	ЕІ %	П в 1 г посліду	ІЗ	ВІП %
1	<i>Eimeria</i> spp.	217	109	50,23	257,3±12,6	8,37	43,45
2	<i>Trichomonas gallinae</i>	217	12	5,52	9,7±1,5	0,92	4,77
3	<i>Ascaridia columbae</i>	217	40	18,43	26,16±4,9	3,07	15,93
4	<i>Capillaria</i> spp.	217	83	38,24	48,6±6,2	6,37	33,07
5	<i>Trichosngylus tenuis</i>	217	2	0,92	13,05±1,2	0,15	0,77
6	<i>Raillietina tetragona</i>	217	5	2,3	2,4±0,6 члеників	0,38	1,97
Моноінвазії		% від кількості інвазованих					
7	<i>Eimeria</i> spp.	217	15	6,91	11,62	1,15	11,68
8	<i>Trichomonas gallinae</i>	217	8	3,68	6,2	0,61	6,19
9	<i>Ascaridia columbae</i>	217	1	0,46	0,77	0,07	0,71
10	<i>Capillaria</i> spp.	217	4	1,84	3,1	0,3	3,04
11	<i>Raillietina tetragona</i>	217	2	0,92	1,55	0,15	1,52
в т.ч. асоціативні			13,82				
12	Е + Т	217	4	1,84	3,1	0,3	3,04
13	Е + А	217	13	5,99	10,07	0,99	10,06
14	Е + С	217	52	23,96	40,31	3,99	40,54
15	Е + R	217	3	1,38	2,32	0,23	2,33
16	А + С	217	5	2,3	3,87	0,38	3,86
17	Е + А + С	217	20	9,21	15,5	1,53	15,54
18	Е + А + Т.Т	217	1	0,46	0,77	0,07	0,71
19	Е + А + С + Т.Т	217	1	0,46	0,77	0,07	0,71
Всього		217	129	59,44			9,84

Примітку: Е – *Eimeria* spp., Т – *Trichomonas gallinae*, А – *Ascaridia columbae*, С – *Capillaria* spp., Т.Т – *Trichosngylus tenuis*, R – *Raillietina tetragona*.

У 13,82 % досліджених голубів виявлені моноінвазії переважно збудниками *Eimeria* spp. (ЕІ – 6,91 %), що становило 23,75 % від інвазованого поголів'я. Частіше виявляли змішані дво- три- і чотириккомпонентні інвазії – 45,62 %, або 76,25 % серед інвазованих голубів. Зазначена тенденція підтверджується даними вітчизняних та зарубіжних дослідників [3, 5, 14, 18, 21] і свідчить про формування паразитоценозів [23, 24].

У структурі паразитоценозів кишкового каналу голубів переважали представники роду *Eimeria*, види: *Eimeria labbeana* ЕІ – 34,77 %, *Eimeria columbae* ЕІ – 12,41 %, *Eimeria columbarum* – 5,18 %, що в загальній кількості збудників становило, відповідно, 29,10 %; 10,39 % та 4,34 % та *Trichomonas gallinae* (ЕІ – 3,74 %). За показниками ІЗ та ВІП – поширення збудників у паразитоценозах кишкового каналу голубів основними (домінуючими) видами виявились *Eimeria* spp. (ВІП) – 43,45 % та *Capillaria* spp. (ВІП) – 33,07 %, менш поширеними (другорядними) – *Ascaridia columbae* (ВІП) – 15,93 % та *Trichomonas gallinae* (ВІП) – 4,77 %, і незначна частка (додаткові види) належала збудникам *Raillietina tetragona* (ВІП – 1,97 %) та *Trichosngylus tenuis* 0,77 %.

Проведення математико-статистичного аналізу отриманих даних таблиці 1, а саме кореляційного аналізу свідчить про те, що кореляція між загальною інвазованістю, моноінвазіями та змішаними

(асоціативними) інвазіями (таблиця 2) відповідно висока (0,677) та дуже висока (0,995); кореляція між моно- та асоціативними (змішаними) інвазіями середня (0,599).

**Таблиця 2**

Кореляційна матриця між проявами інвазій

Прояви інвазій	Загальна інвазованість	Моноінвазії	Асоціативні
Загальна інвазованість	1		
Моноінвазії	0,677	1	
Асоціативні	0,995	0,599	1

Кореляційні залежності між збудниками інвазій у паразитоценозах представлені в таблиці 3.

Кореляція між *Eimeria* spp. і *Trichomonas gallinae*, між *Ascaridia columbae* та *Trichomonas gallinae*, між *Trichomonas gallinae* та *Capillaria* spp. дуже слабка (0,148; 0,022; 0,045), відповідно; між *Trichomonas gallinae* та *Trichosngylus tenuis* – відсутня (0), проте дуже висока кореляція між *Eimeria* spp. та нематодами: *Ascaridia columbe* (0,992), *Capillaria* spp. (0,995) і *Trichosngylus tenuis* (0,989) та висока з цестодами *Raillietina tetragona* (0,845). Середня кореляція виявлена між збудниками *Trichomonas gallinae* та *Raillietina tetragona* (0,655).

**Таблиця 3**

Кореляційна матриця між збудниками інвазій

Збудники	<i>Eimeria</i> spp.	<i>Trichomonas gallinae</i>	<i>Ascaridia columbae</i>	<i>Capillaria</i> spp.	<i>Trichosngylus tenuis</i>	<i>Raillietina tetragona</i>
<i>Eimeria</i> spp.	1					
<i>Trichomonas gallinae</i>	0,148	1				
<i>Ascaridia columbae</i>	0,992	0,022	1			
<i>Capillaria</i> spp.	0,995	0,045	0,999	1		
<i>Trichosngylus tenuis</i>	0,989	0,000	0,999	0,999	1	
<i>Raillietina tetragona</i>	0,845	0,655	0,770	0,785	0,756	1

Дуже висока кореляція між *Ascaridia columbae* та *Capillaria* spp. (0,999) і *Trichosngylus tenuis* (0,999) та висока з *Raillietina tetragona* (0,770). Також дуже висока кореляція виявлена між *Trichosngylus tenuis* та *Capillaria* spp. (0,999) і висока з *Raillietina tetragona* (0,770) та між збудниками *Trichosngylus tenuis* і *Raillietina tetragona* (0,756). Виявлені висока та дуже висока кореляції між збудниками *Eimeria* spp. та нематодами *Ascaridia columbe*, *Capillaria* spp. і *Trichosngylus tenuis*, а також з цестодами *Raillietina tetragona* вказують на синергічну взаємодію збудників, що підтверджують дані [16, 23, 24], призводить до тяжкого перебігу інвазій та значної

смертності голубів [2, 4, 6, 13, 17, 21]. Проте виявлення слабкої та дуже слабкої кореляції (0,148; 0,045) свідчить про наявність конкурентних взаємовідносин між окремими збудниками і підтверджується даними деяких авторів [1, 16].

На формування паразитоценозів кишкового каналу голубів (дані двофакторного дисперсійного аналізу, таблиця 4) значно впливає біорізноманітність збудників на 57,03 %, які обумовлюють захворюваність ( $p < 0,014$ ); та їх прояви (20,40 %) обумовлені асоціативним, паразитоценозичним перебігом інвазій ( $p < 0,04$ ); за впливу (22,57 %) різноманітних випадкових факторів.

**Таблиця 4**

Результати застосування двофакторного дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Дисперсійний аналіз					
	SS	df	MS	F фактичне	p-значення	F критичне
Окремі інвазії	2843,805	5	568,761	5,053804	0,014361	3,325835
Прояви інвазій	1017,088	2	508,544	4,518738	0,03999	4,102821
Випадкові фактори	1125,412	10	112,5412			
Разом:	4986,305	17				
<b>Вплив на захворюваність, %</b>						
Окремі інвазії	57,03					
Прояви інвазій	20,40					
Випадкові фактори	22,57					
Разом:	100,00					

**Висновки**

1. Структурна біорізноманітність паразитоценозів голубів Харківської області представлена найпростішими типами Apicomplexa, Zoomastigophora, гелмінтами класів Cestoda, Secernentea та Adenophorea.

2. Встановлена дуже висока та висока кореляція між *Eimeria* spp. та нематодами і цестодами; між нематодами: *Ascaridia columbe* та *Capillaria* spp. і *Trichosngylus tenuis*; дуже слабка кореляція між *Eimeria* spp. і *Trichomonas gallinae*, а також між *Ascaridia columbae*, *Capillaria* spp. та *Trichomonas gallinae*, що свідчить, відповідно, про наявність синергічних та конкурентних взаємовідносин між компонентами паразитоценозів.

Перспективи подальших досліджень полягають у дослідженні структурної біорізноманітності, виявленні синергічних і конкурентних взаємовідносин та взаємозалежностей між компонентами паразитоценозів еколого-паразитарних систем.

**Конфлікт інтересів**

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

**References**

1. Ataev, A. M., Zubairova, M. M., Karsakov, N. T., Gazimagomedov, M. G., & Kochkarev, A. B. (2016). Environmental impacts on the biodiversity and population structure of the helminthes of domestic ruminants in the Southeast of the North Caucasus. *South of Russia: Ecology, Development*, 11 (2), 84–94. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2016-2-84-94>
2. Adang, K. L., Oniye, S. L., Ajanusi, O. J., Ezealor, A. U., & Abdu, P. A. (2010). Gastrointestinal helminths of the domestic pigeons (*Columba livia domestica* Gmelin, 1789 Aves: Columbidae) in Zaria, northern Nigeria. *Science World Journal*, 3 (1). <https://doi.org/10.4314/swj.v3i1.51769>
3. Al Quraishy, S., Abdel-Gaber, R., Dkhil, M. A., & Alzuabi, K. (2020). Morphological and molecular characteristics of the gastro-intestinal nematode parasite *Ascaridia columbae* infecting the domestic pigeon *Columba livia domestica* in Saudi Arabia. *Acta Parasitologica*, 65 (1), 208–224. <https://doi.org/10.2478/s11686-019-00151-8>



4. Al-Barwari, S., & Saeed, I. (2012). The parasitic communities of the rock pigeon *Columba livia* from Iraq: component and importance. *Turkiye Parazitoloji Dergisi*, 36 (4), 232–239. <https://doi.org/10.5152/tpd.2012.56>
5. Ali, M., Ibrahim, R., Alahmadi, S., & Elshazly, H. (2020). Ectoparasites and Intestinal Helminths of Pigeons in Medina, Saudi Arabia. *Journal of Parasitology*, 106 (6), 721–729. <https://doi.org/10.1645/20-64>
6. Bogach, M., Paliy, A., Liulin, P., Perots'ka, L., Bohach, O., Pyvovarova, I., & Paliy, A. (2021). Parasites of domestic and wild pigeons in the South of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 29 (2), 135–139. <https://doi.org/10.15421/012118>
7. Bogach, M. V., Berezovsky, A. V., & Taranenko, I. L. (2007). *Invaziyini hvorobi sviyskojii ptytsi: navchalnyi posibnik*. Kyiv: Vetrinform [in Ukrainian]
8. Bogach, M. V., Sklyaruk, V. G., Manko, O. G., & Danilevko, Yu. M. (2013). *Ekolohiia parazytarnykh khvorob domashnoi ptytsi: navchalnyi posibnik*. Odesa: Osvita Ukrainy [in Ukrainian]
9. Bohach, M. V., Stehnyy, B. T., Stepanova, N. O., & Shaydyuk, I. V. (2013). Patent № 78451 UA. *Method for in-life differentiation of davanaughis and raillietinoses oncospheres in poultry*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1211791/>
10. Carrera-Játiva, P. D., Morgan, E. R., Barrows, M., & Wronski, T. (2018). Gastrointestinal parasites in captive and free-ranging birds and potential cross-transmission in a zoo environment. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 49 (1), 116–128. <https://doi.org/10.1638/2016-0279r1.1>
11. Cherepanov, A. A., Moskvina, A. S., Kotelnikov, G. A., & Hrenov, V. M. (2001). *Differencial'naya diagnostika gel'mintozov po morfologicheskoy strukture yaic i lichinok vozbuditelej*. Moskva: Kolos [in Russian]
12. Dakhno, I. S., Berezovsky, A. V., Halat, V. F., Aranchii, S. V., Yevstafieva, V. O., Dakhno, H. P., & Prykhodko, Yu. O. (2001). *Atlas helmintiv tvaryn*. Kyiv: Vetrinform [in Ukrainian]
13. Dipinetto, L., Borrelli, L., Pepe, P., Fioretti, A., Caputo, V., Cringoli, G., & Rinaldi, L. (2013). Synanthropic birds and parasites. *Avian Diseases*, 57 (4), 756–758. <https://doi.org/10.1637/10602-062713-reg.1>
14. El-Dakhly, K. M., El-Seify, M. A., Mohammed, E. S., Elshahawy, I. S., Fawy, S. A.-M., & Omar, M. A. (2018). Prevalence and distribution pattern of intestinal helminths in chicken and pigeons in Aswan, Upper Egypt. *Tropical Animal Health and Production*, 51 (3), 713–718. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1725-1>
15. Yereshko, V. I., & Kovalenko, V. O. (2017). Capillariasis as a part of mixtinvasions of the digestive tract of geese. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 143–145. <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.04.29>
16. Ilić, T., Becskei, Z., Gajić, B., Özvegy, J., Stepanović, P., Nenadović, K., & Dimitrijević, S. (2018). Prevalence of endoparasitic infections of birds in zoo gardens in Serbia. *Acta Parasitologica*, 63 (1), 134–146. <https://doi.org/10.1515/ap-2018-0015>
17. Foronda, P., Valladares, B., Rivera-Medina, J. A., Figueruelo, E., Abreu, N., & Casanova, J. C. (2004). Parasites of *Columba livia* (Aves: Columbiformes) in Tenerife (Canary Islands) and their role in the conservation biology of the Laurel pigeons. *Parasite*, 11 (3), 311–316. <https://doi.org/10.1051/parasite/2004113311>
18. Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327 (5967), 812–818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
19. Kotelnikov, G. A. (1991). *Gelmintologicheskie issledovaniya okruzhayushchej sredy*. Moskva: Rosagropromizdat [in Russian]
20. Lebedko, Ye Ya., Khokhlov, A. M., Baranovskiy, D. I., & Getmanets, O. M. (2022). *Biometrics in MS Excel: A tutorial. Textbook for universities*. Sankt-Peterburg-Moskva-Krasnodar: EBS Lan.
21. Lennon, R. J., Dunn, J. C., Stockdale, J. E., Goodman, S. J., Morris, A. J., & Hamer, K. C. (2013). *Trichomonad parasite infection in four species of Columbidae in the UK*. *Parasitology*, 140 (11), 1368–1376. <https://doi.org/10.1017/s0031182013000887>
22. Liulin, P. V. (2003). *Deiaki pytannia epizootolohii eimeriozno-nematodoznykh invazii shlunkovo-kyshkovoho traktu kurei ta indykiv*. *Veterynarna Medytsyna: Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk*, 81, 202–204. [in Ukrainian]
23. Liulin, P. V., & Bogach, M. V. (2021). Structural biodiversity of turkey intestines' parasitocenoses in the Eastern region of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 220–228. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.28>
24. Liulin, P. V., & Bogach, M. V. (2021). Interdependence and biodiversity of pathogens in intestinal channel parasitocenoses of chickens in the eastern region of Ukraine. *Veterinary Medicine: Inter-Departmental Subject Scientific Collection*, 107, 83–89. <https://doi.org/10.36016/vm-2021-107-15>
25. Markevich, A. P. (1985). *Parasitocenology: theoretical and applied problems*. Kyiv: Science Dumka.
26. Nakonechniy, I. V. (2010). *Strukturno-funkcionalna organisathia parazytocenotuchnich grupuvan ecosystem Pivdenного Pruchomoria. Doctor's thesis*. Ukrainskyi institut agroecologyi, Kyiv [in Ukrainian]
27. Korniyshyn, V. V. (2024). *Parazytosenolohiia. Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy*. NAN Ukrainy, NTSh. Kyiv: Instytut entsyklopedychnykh doslidzhen NAN Ukrainy. Retrieved from: <https://esu.com.ua/article-881814>
28. Park, S.-I., & Shin, S.-S. (2010). Concurrent Capillaria and Heterakis infections in zoo rock partridges, *Alectoris graeca*. *The Korean Journal of Parasitology*, 48 (3), 253. <https://doi.org/10.3347/kjp.2010.48.3.253>
29. Pellérdy, L. P. (1974). *Coccidia and coccidiosis*. Berlin: Verlag Paul Parey and Akademiai Kiady.
30. Skryabin, K. I. (1928). *Metod polnogo gel'mintologicheskogo vskrytiya pozvonochnykh zhivotnykh, v tom chisle cheloveka*. Moskva: MGU [in Russian]
31. Quiroz-Castañeda, R. E., & Dantán-González, E. (2015). Control of avian coccidiosis: future and present natural alternatives. *BioMed Research International*, 2015, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2015/430610>
32. Sharma, N., Hunt, P. W., Hine, B. C., & Ruhnke, I. (2019). The impacts of *Ascaridia galli* on performance, health, and immune responses of laying hens: new insights into an old problem. *Poultry Science*, 98 (12), 6517–6526. <https://doi.org/10.3382/ps/pez422>

## ORCID

- P. Liulin  <https://orcid.org/0000-0001-6718-958X>  
M. Bogach  <https://orcid.org/0000-0002-2763-3663>  
O. Getmanets  <https://orcid.org/0000-0002-0543-0961>  
A. Antipov  <https://orcid.org/0000-0003-3955-3377>



2024 Liulin P. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.