
ЗООЛОГІЯ

УДК 598.2:591.1:576.8

DOI 10.31654/2786-8478-2025-BN-4-17-26

Кравцова А. Ю.

аспірантка кафедри зоології

Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди

anastasiia.kravtsova@hnpu.edu.ua

orcid.org/0009-0002-2471-1862

Ликова І. О.

кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології

Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди

irlyk16@gmail.com

orcid.org/0000-0003-1347-2077

ОСОБЛИВОСТІ ЛЕЙКОЦИТАРНОЇ ФОРМУЛИ КРОВІ ТА ГЕТЕРОФІЛ-ЛІМФОЦИТАРНОГО ІНДЕКСУ У ПТАХІВ РЯДУ PASSERIFORMES ЗА УМОВ ПАРАЗИТАРНОЇ ІНВАЗІЇ

У статті представлено результати дослідження показників лейкоцитарної формули крові та гетерофیل-лімфоцитарного (Г/Л) індексу у птахів ряду Passeriformes з різним статусом паразитарної інвазії. Метою роботи було з'ясування особливостей імунологічної відповіді організму птахів за умов наявності гемопаразитів та оцінка показників лейкоцитарної формули крові та гетерофیل-лімфоцитарного індексу (Г/Л) як маркерів фізіологічного стану.

Матеріалом дослідження слугували мазки крові представників родин Turdidae, Emberizidae та Laniidae. Лейкоцитарну формулу визначали за стандартною методикою з підрахунком відсоткового вмісту гетерофілів, еозинофілів, моноцитів, лімфоцитів і базофілів, а також розрахунком Г/Л індексу.

У результаті дослідження встановлено, що наявність гемопаразитів супроводжується характерними змінами лейкоцитарної формули крові, зокрема підвищенням частки гетерофілів і зниженням вмісту лімфоцитів, що зумовлює зростання значень Г/Л індексу. Найбільш виражені зрушення зафіксовано у інвазованих птахів родин Turdidae, а саме: вид дрізд співочий (*Turdus philomelos* Brehm, 1831) – 0,95, дрізд чорний (*Turdus merula* Linnaeus, 1758) – 1,52 та родини Emberizidae, вид вівсянка звичайна (*Emberiza citrinella* Linnaeus, 1758) – 1,02, а максимальні значення Г/Л індексу виявили у сорокопуда тернового (*Lanius collurio* Linnaeus, 1758) – 1,67, що може свідчити про підвищений рівень фізіологічного стресу та напруження імунної системи.

Отримані результати підтверджують чутливість лейкоцитарної формули крові та Г/Л індексу до паразитарного навантаження і обґрунтовують доцільність їх використання як інформативних показників для оцінки фізіологічного та імунного стану диких птахів.

Ключові слова: лейкоцитарна формула, гетерофیل-лімфоцитарний індекс, горобцеподібні (Passeriformes), *Haemoproteus* spp., *Microfilaria*.

Вступ. Дослідження впливу гемопаразитарних інфекцій на фізіологічний стан і життєздатність птахів у природних умовах має важливе значення для розуміння механізмів їхньої адаптації до дії стресових факторів середовища. Гемопаразити, уражаючи клітини крові, здатні змінювати гомеостатичні процеси, впливати на метаболізм, імунну реактивність та поведінкові особливості птахів. Унаслідок цього інфекції можуть призводити до порушення енергетичного обміну, зниження репродуктивної активності, погіршення фізіологічного стану та, у тяжких випадках, до загибелі особин.

Серед найпоширеніших збудників гемопаразитозів у представників дикої орнітофауни переважають представники родів *Plasmodium*, *Haemoproteus*, *Leucocytozoon* та *Tyranosoma*. Попри багаторічну історію досліджень, рівень знань про їхній вплив на здоров'я птахів у природних популяціях залишається недостатнім, оскільки більшість інфекцій протікає у прихованій або субклінічній формі. Це ускладнює оцінку справжнього ступеня їхнього патогенетичного впливу на організм.

Клінічний ефект гемопаразитарних інфекцій є надзвичайно варіативним і залежить від низки чинників: виду паразита і його хазяїна, віку особини, ступеня інтенсивності інвазії, стану імунної системи та параметрів навколишнього середовища. Зокрема, зараження, спричинені *Haemoproteus spp.*, найчастіше проявляються у зниженні рівня гематокриту, зменшенні маси тіла, порушенні функцій життєво важливих органів, а в окремих випадках можуть призводити до летальних наслідків. Коінфекції, тобто одночасне зараження кількома видами паразитів, нерідко чинять синергетичний ефект, що посилює патологічні зміни та погіршує загальний фізіологічний стан птахів [1].

Значну роль у поширенні гемоспоридій відіграє не лише наявність паразита у кровотоці, але й фізіологічна життєздатність його гаметоцитів, що визначає ефективність передачі через переносників [16]. Регіональні дослідження свідчать про переважання окремих родів паразитів залежно від біогеографічної зони. Так, у Мексиканському біосферному заповіднику найпоширенішим виявився рід *Haemoproteus* [6].

У країнах Південно-Східної Європи подібні тенденції також підтверджено. Зокрема, у Сербії дослідження популяцій сорокопуда тернового (*Lanius collurio* L.) показало, що найвищу частоту інфікування мав *Haemoproteus lanii* (66,7%) [15]. Додаткові спостереження засвідчили, що інфекція цим паразитом негативно впливає на початок репродуктивного періоду самиць, що знижує їхню загальну репродуктивну успішність [18].

Застосування протималярійних препаратів показало перспективність у зменшенні паразитарного навантаження та покращенні виживаності птахів. Зокрема, експериментальні дослідження самиць синиці блакитної (*Cyanistes caeruleus* L.) продемонстрували, що лікування протималярійним засобом спричинило істотне зниження кількості *Haemoproteus* у крові та майже подвоїло виживаність особин до наступного сезону розмноження [9].

Водночас результати дослідження впливу мікрофілярій на представників ряду Горобцеподібні (*Passeriformes*) на Галапагоських островах показали відсутність суттєвого зв'язку між інфікованістю та загальними показниками фізіологічного стану, зокрема індексом вгодованості, співвідношенням гетерофілів до лімфоцитів (Г/Л) та загальною кількістю лейкоцитів [10].

Гетерофіл-лімфоцитарний індекс (Г/Л) є одним із найбільш показових гематологічних маркерів стресу у птахів. Він відображає реакцію організму на стресові стимули, у тому числі на інфекційне навантаження. Згідно з референтними значеннями, показник Г/Л у межах 0,20-0,30 свідчить про низький рівень стресу, 0,40-0,50 – про оптимальний рівень, а значення $\geq 0,80$ вказує на високий ступінь фізіологічного напруження [11].

Результати численних досліджень свідчать, що гемопаразитарні інфекції є важливим екологічним і фізіологічним чинником, який впливає на стан крові, обмін речовин, репродуктивну активність та виживаність птахів у природних популяціях.

Мета дослідження. Визначити та проаналізувати показники лейкоцитарної формули крові та гетерофіль-лімфоцитарного індексу (Г/Л) горобцеподібних птахів у інвазованих та неінвазованих особин одного виду.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили у червні 2025 року на території Кіровоградської області, Кіровоградського району, села Українка. Матеріалом для роботи слугували мазки крові, отримані у польових умовах від 32 особин горобцеподібних птахів (Passeriformes), що належали до 6 видів і 5 родин. Видовий склад досліджуваної вибірки включав: синицю велику (*Parus major* Linnaeus, 1758) – 5 особин, дрозда співочого (*Turdus philomelos* Brehm, 1831) – 5 особин, дрозда чорного (*Turdus merula* Linnaeus, 1758) – 8 особин, вівсянку звичайну (*Emberiza citrinella* Linnaeus, 1758) – 4 особини, зяблика звичайного (*Fringilla coelebs* Linnaeus, 1758) – 3 особини та сорокопуда тернового (*Lanius collurio* Linnaeus, 1758) – 7 особин.

Відлов птахів здійснювали з використанням орнітологічних павутинних сіток. Забір крові проводили з підкрилової вени, після чого виготовляли мазки на чистих знежирених предметних скельцях відповідно до загальноприйнятих методик [2]. Отримані мазки висушували на повітрі до повного висихання та фіксували метанолом [14].

Фарбування препаратів виконували експрес-методом із застосуванням набору Leukodiff 200 (LDF 200) згідно з інструкцією виробника. Підрахунок лейкоцитарної формули здійснювали за допомогою світлового мікроскопа «Optica» шляхом аналізу 100 клітин із визначенням їх відсоткового співвідношення. Додатково розраховували гетерофіль-лімфоцитарний індекс. Мікроскопію мазків проводили при збільшенні $\times 1000$; за відсутності гемопаразитів птахів відносили до неінвазованих, тоді як наявність паразитів слугувала підставою для класифікації особин як інвазованих.

Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2016 із розрахунком середнього арифметичного значення (M), середньої арифметичної похибки та середнього квадратичного відхилення.

Усі етапи дослідження виконували з дотриманням норм біоетики відповідно до вимог «Конвенції про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі» [8], «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для дослідних та інших наукових цілей» [20], а також згідно із законодавством України: Законом України «Про тваринний світ» (ВВР, 2002, № 14, ст. 97), Законом України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (ВВР, 2006, № 27, ст. 230) та Положенням про Комітет з питань етики (біоетики) Міністерства освіти і науки України (наказ № 1287 від 19.11.2012 р.).

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз отриманих мазків крові досліджуваних птахів показав, що частина птахів була інвазована такими гемопаразитами як *Haemoproteus spp.* (рис. 1) та *Microfilaria* (рис. 2). Зараженість різних видів *Passeriformes* зазначеними видами гемопаразитів варіювала у діапазоні від 20% (дрізд співочий) до 100% (сорокопуд терновий).

Серед досліджених 6 видів горобцеподібних птахів інвазованими гемопаразитами були 4 види. Так, серед досліджених представників дрозда співочого інфікованими *Haemoproteus spp.* та *Microfilaria* були 20% птахів. У дрозда чорного у 25% випадків зустрічався *Haemoproteus spp.*, тоді як 75% птахів були неінфіковані. У вівсянки звичайної зараження *Haemoproteus spp.* склало 25%, а 75% птахів були неінвазовані. З 7 досліджених сорокопудів тернових, усі семеро виявилися інфікованими, що становило 100% зараження *Haemoproteus spp.* та 14,28% зараження *Microfilaria*. Усі інфіковані птахи були дорослими. Серед двох досліджених видів: синиця велика (*Parus major* Linnaeus, 1758) і зяблик звичайний (*Fringilla coelebs* Linnaeus, 1758) інвазованих видів не спостерігали.

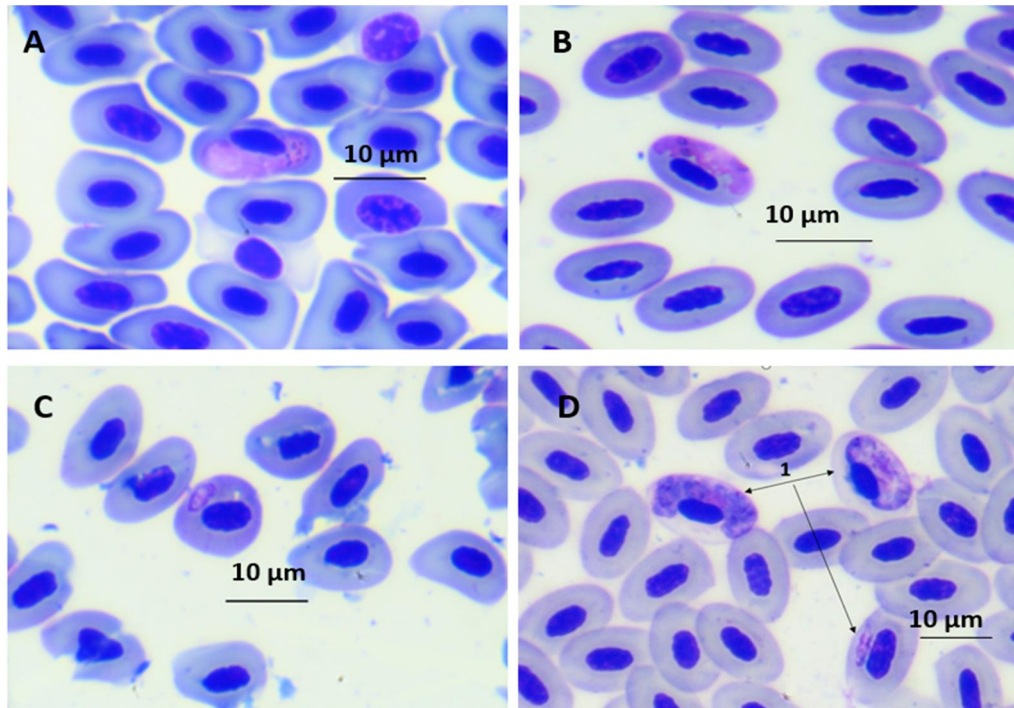


Рис. 1. *Haemoproteus* spp. в еритроцитах різних представників *Passeriformes*. А – дрізд співочий (*Turdus philomelos* Brehm, 1831), В – дрізд чорний (*Turdus merula* Linnaeus, 1758), С – вівсянка звичайна (*Emberiza citrinella* Linnaeus, 1758), D – сорокопуд терновий (*Lanius collurio* Linnaeus, 1758). 1 – Гемопротеус. Гістопрепарат (Лейкодиф 200, x1000)

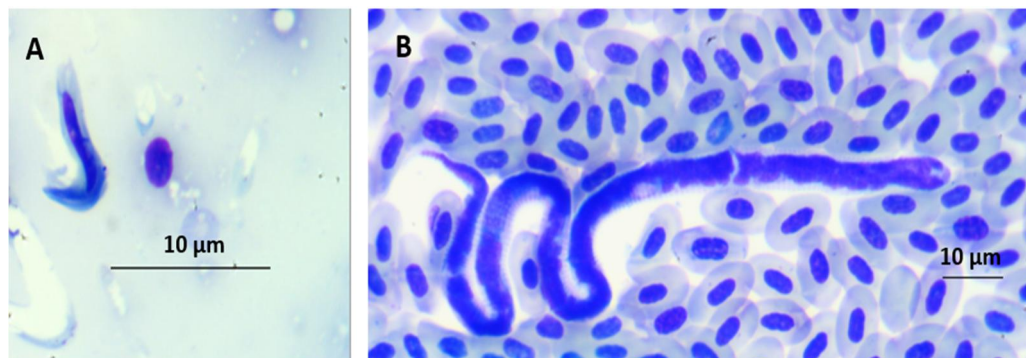


Рис. 2. *Microfilaria* в мазках крові різних представників *Passeriformes*. А – дрізд співочий (*Turdus philomelos* Brehm, 1831), В – сорокопуд терновий (*Lanius collurio* Linnaeus, 1758). Гістопрепарат (Лейкодиф 200, x1000)

Паразитарні інвазії є одним із ключових біотичних чинників, що здатні істотно впливати на фізіологічний стан та імунну систему диких птахів. Відповідь організму на паразитарне навантаження часто супроводжується змінами у клітинному складі крові, зокрема у співвідношенні основних лейкоцитарних популяцій. У цьому контексті аналіз лейкоцитарної формули та гетерофіл-лімфоцитарного індексу (Г/Л) розглядається як інформативний підхід до оцінки напруженості імунної відповіді та рівня фізіологічного стресу у птахів. Саме тому, нами було проведено порівняльне вивчення гематологічних показників у інвазованих і неінвазованих особин, яке дозволяє глибше зрозуміти характер імунних реакцій у відповідь на паразитарну інфекцію та оцінити їхній вплив на загальний стан організму птахів.

У таблиці 1 наведено показники лейкоцитарної формули крові та значення гетерофіл-лімфоцитарного (Г/Л) індексу у птахів ряду *Passeriformes* з різним статусом зараженості паразитами. Отримані дані свідчать про наявність суттєвих відмінностей між інвазованими та неінвазованими особинами.

У птахів родини *Turdidae* (дрізд співочий та дрізд чорний) за наявності паразитів спостерігається підвищення частки гетерофілів та зниження кількості лімфоцитів порівняно з неінвазованими птахами, що відображається у зростанні значень Г/Л індексу. Зокрема, у дрозда співочого Г/Л індекс становив 0,95, а у дрозда чорного інвазовані особини характеризувалися підвищеним середнім значенням Г/Л індексу 1,52, тоді як у неінвазованих птахів цей показник становив 0,50 (табл. 1).

Аналогічна тенденція виявлена у вівсянки звичайної, де за наявності паразитів зафіксовано зменшення частки лімфоцитів та відповідне підвищення Г/Л індексу (1,02 проти 0,49 у неінвазованих особин). Такі зміни можуть свідчити про активацію неспецифічної імунної відповіді організму у відповідь на паразитарну інвазію.

Найвищі значення Г/Л індексу відмічено у сорокопуда тернового – 1,67 у якого всі досліджені птахи були інвазованими гемопаразитами (табл. 1). Це може вказувати на виражений фізіологічний стрес та напруження імунної системи, що узгоджується з сучасними уявленнями про діагностичну роль Г/Л індексу як інтегрального показника стресового навантаження у птахів.

Таблиця 1
Показники лейкоцитарної формули крові та Г/Л індексу у інвазованих і неінвазованих птахів ряду горобцеподібні (*Passeriformes*)

Родина	Вид	z	Наявність паразитів	Г (%)	Е (%)	М (%)	Л (%)	Б (%)	Г/Л індекс
<i>Turdidae</i>	<i>Turdus philomelos</i>	5	+ n=1	47	1	3	49	0	0,95
			- n=4	31,75±1,49	1,25±0,75	2,5±0,64	63,75±1,93	0,75±0,47	0,50
	<i>Turdus merula</i>	8	+ n=2	55,5±11,5	1,5±1,5	1,5±0,5	39±7	2,5±2,5	1,52
			- n=6	28,83±3,82	1±0,51	6,66±1,30	63±4,51	0,5±0,34	0,50
<i>Emberizidae</i>	<i>Emberiza citrinella</i>	4	+ n=1	46	2	7	45	0	1,02
			- n=3	30,33±3,48	1,66±0,66	3±0,57	62,66±4,25	2,33±0,88	0,49
<i>Laniidae</i>	<i>Lanius collurio</i>	7	+ n=7	43,14±7,56	0,71±0,42	7,14±1,01	48,57±7,19	0,42±0,29	1,67

*Примітка: «+» (позитивний), «-» (негативний) результат. Г- гетерофіли. Е – еозинофіли. М - моноцити. Л - лімфоцити. Б - базофіли. Г/Л індекс - гетерофіл-лімфоцитарний індекс

Таким чином, отримані результати підтверджують чутливість лейкоцитарної формули крові та Г/Л індексу до паразитарного навантаження та можуть бути використані як інформативні маркери фізіологічного стану птахів ряду *Passeriformes*.

Отримані результати узгоджуються з даними про те, що хронічні інфекції, спричинені гемопаразитами, зазвичай не мають вираженого негативного впливу на фізичний стан, жирові запаси чи рівень фізіологічного стресу у мігруючих птахів. Основним зафіксованим ефектом є зміни гематологічних показників, зокрема підвищення загальної кількості лейкоцитів, що свідчить про імунну відповідь, вираженість якої є видоспецифічною [3]. Відсутність компромісу між імунною функцією та накопиченням енергетичних резервів вказує на здатність птахів підтримувати обидва процеси навіть за умов енергетично затратної міграції.

Подібні висновки отримано у дослідженнях передміграційного періоду, де показано, що навіть за високої поширеності кров'яних паразитів не відбувається істотного посилення стресової відповіді на гострі стресори. Це підтверджує припущення про доброякісний характер більшості хронічних, низькоінтенсивних інфекцій та високий рівень адаптації птахів до них [4].

Водночас у літературі наявні й протилежні результати, які свідчать про патогенний вплив гемопаразитів. Зокрема, описано зниження індексу маси тіла, концентрації плазмових білків і гемоглобіну, а також активацію імунної відповіді, підвищення рівня стресу та антиоксидантного захисту [12]. Такі розбіжності можуть бути зумовлені інтенсивністю інвазії, екологічними умовами та фізіологічним станом популяцій.

Важливу роль у оцінці стану здоров'я птахів відіграють гематологічні та біохімічні показники. Найбільш інформативними для екологічних досліджень вважаються вміст альбуміну та загального білка плазми, залишкова маса тіла, а також співвідношення гетерофілів до лімфоцитів (Г/Л), які характеризуються низькою похибкою вимірювань. На ці показники істотно впливають стать, добова активність та середовище існування, зокрема відмінності між міськими та сільськими популяціями [13].

Фізіологічний стрес може посилюватися й за рахунок підвищених репродуктивних витрат. Експериментальні дані свідчать, що збільшення навантаження під час вигодовування потомства призводить до імуносупресії, змін лейкоцитарної формули та зниження маси тіла, причому ці ефекти більш виражені у сільських популяціях порівняно з міськими [7]. Це підтверджує, що гематологічні індикатори є надійнішими маркерами стресу, ніж рівень паразитемії.

Поширеність та таксономічний склад гемопаразитів також суттєво залежать від екологічних умов. Для горобцеподібних домінуючими є *Haemoproteus spp.* та *Leucocytozoon spp.*, тоді як відсутність *Plasmodium* може бути пов'язана з обмеженням ареалу переносників у високогірних регіонах [17]. Аналогічно, у свійської птиці поширеність гемопаразитів варіює залежно від породи, віку, статі, сезону та системи утримання, що підтверджує діагностичну цінність гематологічних і біохімічних профілів [5].

Загалом, інфікування гемопаразитами супроводжується характерними змінами лейкоцитарної формули – підвищенням частки гетерофілів, зниженням частки лімфоцитів та зростанням співвідношення Г/Л, що є універсальним показником фізіологічного стресу та активації імунної відповіді [19]. Це підкреслює доцільність використання комплексного підходу до оцінки впливу паразитарних інфекцій з урахуванням екологічного та фізіологічного контексту.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що гемопаразитарна інвазія істотно впливає на показники лейкоцитарної формули крові та гетерофіл-лімфоцитарний індекс у птахів ряду Passeriformes. У інвазованих особин різних родин (*Turdidae*, *Emberizidae*, *Laniidae*) виявлено характерні зрушення у співвідношенні основних форм лейкоцитів, зокрема підвищення частки гетерофілів та зниження вмісту лімфоцитів, що зумовлює зростання гетерофіл-лімфоцитарного (Г/Л) індексу.

Найбільш виражені зміни показників лейкоцитарної формули зафіксовано у птахів із позитивним результатом на наявність паразитів, що свідчить про активацію неспецифічної імунної відповіді та підвищений рівень фізіологічного стресу. Високі значення Г/Л індексу, особливо у сорокопуда тернового, підтверджують інформативність цього показника як інтегрального маркера стресового навантаження та імунного стану організму.

Отримані результати підтверджують доцільність і наукову обґрунтованість використання показників лейкоцитарної формули крові та гетерофіл-лімфоцитарного індексу для оцінки фізіологічного стану диких птахів і впливу паразитарних чинників у природних популяціях. Проведене дослідження розширює сучасні уявлення про особливості імунної відповіді птахів ряду Passeriformes та може слугувати методологічною основою для подальших екологічних, орнітологічних і паразитологічних досліджень, спрямованих на біомоніторинг стану популяцій у різних екосистемах.

Література

1. Alvarado-Piqueras A., Gómez-Muñoz M. T., Martín-Maldonado B. Hemoparasites in Wild Birds: A Systematic Review of Their Ecology and Clinical Implications. *Animals*. 2025. Vol. 15, no. 17. P. 1–28. <https://doi.org/10.3390/ani15172570>
2. Campbell T. W., Grant K. R. Exotic Animal Hematology and Cytology. 5th ed. 2022. 696 p. <https://doi.org/10.1002/9781119660293>.
3. Cornelius E. A., Davis A. K., Altizer S. A. How Important Are Hemoparasites to Migratory Songbirds? Evaluating Physiological Measures and Infection Status in Three Neotropical Migrants during Stopover. *Physiological and Biochemical Zoology*. 2014. Vol. 87, no. 5. P. 719–728. <https://doi.org/10.1086/677541>
4. Dimitrov D., Marinov M. P., Bobeva A., Ilieva M., Bedev K., Atanasov T., Zehindjiev P. Haemosporidian parasites and leukocyte profiles of pre-migratory rosy starlings (*Pastor roseus*) brought into captivity. *Animal Migration*. 2019. Vol. 6, no. 1. P. 41–48. <https://doi.org/10.1515/ami-2019-0005>
5. Diop D., Jarikre T., Oni O., Nwufoh O., Adediran, O. Haemogram and blood cell morphological changes in haemoparasitic infection of poultry birds. *Journal of Research in Veterinary Sciences*. 2024. Vol. 4, no. 2. P. 25–34. <https://doi.org/10.5455/jrvs.20240606041839>
6. González-Olvera M., Hernández-Colina A., Santiago-Alarcon D., Osorio-Beristain M., Martínez-Maya J. J. Blood-parasites (Haemosporida) of wild birds captured at different land uses within a tropical seasonal dry forest matrix. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA*. 2022. Vol. 38. P. 1–22. ISSN 2448-8445. <https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812425>
7. Hõrak P., Ots, I., & Murumägi, A. Haematological health state indices of reproducing Great Tits: a response to brood size manipulation. *Functional Ecology*. 1998. Vol. 12, no. 5. P. 750–756. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00244.x>
8. Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі., № 104. Берн. 1979. С. 1–50. <https://rm.coe.int/16802efd67>.
9. la Puente J.M, Merino S., Tomás G., et al. The blood parasite *Haemoproteus* reduces survival in a wild bird: a medication experiment. *Biol Lett*. 2010. Vol. 6, no. 5. P. 663-665. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0046>
10. Loyola D.C., Placko A., Fessl B., McNew, S. M. Novel microfilariae detected in Galapagos passerines. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. 2025. Vol. 28. P. 101115. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2025.101115>
11. Maxwell M. H., Robertson G. W. The avian heterophil leucocyte: a review. *World's Poultry Science Journal*. 1998. Vol. 54, no. 2. P. 155–178. <https://doi.org/10.1079/wps19980012>
12. Norte A. C., Araújo P. M., Sampaio H. L., Sousa J. P., Ramos J. A. Haematzoa infections in a Great Tit *Parus major* population in Central Portugal: relationships with breeding effort and health. *Ibis*. 2009. Vol. 151, no. 4. P. 677–688. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.2009.00960.x>
13. Ots I., Murumägi A., Hõrak P. Haematological health state indices of reproducing Great Tits: methodology and sources of natural variation. *Functional Ecology*. 1998. Vol. 12, no. 4. P. 700–707. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00219.x>
14. Owen J. Collecting, processing, and storing avian blood: a review. *Journal of Field Ornithology*. 2011. Vol. 82, no. 4. P. 339–354. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2011.00338.x>
15. Stanković D., Rakovic M. Temporal and geographical distribution of the blood parasites in the Red-backed Shrike *Lanius collurio* in Serbia. 2022. https://www.researchgate.net/publication/383063111_Temporal_and_geographical_distribution_of_the_blood_parasites_in_the_Red-backed_Shrike_Lanius_collurio_in_Serbia
16. Valkiūnas, G., Iezhova, T.A., Palinauskas, V. The evidence for rapid gametocyte viability changes in the course of parasitemia in *Haemoproteus* parasites. *Parasitology Research* 114. 2015. P. 2903–2909. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4491-2>
17. Villalva-Pasillas D., Medina J. P., Soriano-Vargas E., Martínez-Hernández D. A., García-Conejo M., Galindo-Sánchez K. P., Sánchez-Jasso J. M., Talavera-Rojas M., Salgado-Miranda C. Haemoparasites in endemic and non-endemic passerine birds from central Mexico highlands. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. 2020. Vol. 11. P. 88–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.12.007>

18. Votypka J., Tryjanowski P., Simek J. Blood parasites, reproduction and sexual selection in the red-backed shrike (*Lanius collurio*). *Annales Zoologici Fennici*. 2003. T. 40, Vol. 5. P. 431–439. ISSN 0003-455. https://www.researchgate.net/publication/252059546_Blood_parasites_reproduction_and_sexual_selection_in_the_red-backed_shrike_Lanius_collurio.
19. Wojczulanis-Jakubas K., Jakubas D., Czujkowska A., Kulaszewicz I., Kruszewicz A. G. Blood Parasite Infestation and the Leukocyte Profiles in Adult and Immature Reed Warblers (*Acrocephalus scirpaceus*) and Sedge Warblers (*Acrocephalus schoenobaenus*) During Autumn Migration. *Annales Zoologici Fennici*. 2012. Vol. 49, no. 5-6. P. 341–349. <https://doi.org/10.5735/086.049.0507>
20. Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей, № 123. Страсбург. 18.03.1986. С. 1-19. URL: <https://rm.coe.int/16802efd6f>

References

- Alvarado-Piqueras, A., Gómez-Muñoz, M. T., Martín-Maldonado, B. (2025). Hemoparasites in wild birds: A systematic review of their ecology and clinical implications. *Animals*, 15(17), 2570. <https://doi.org/10.3390/ani15172570> [in English].
- Campbell, T. W., & Grant, K. R. (2022). *Exotic Animal Hematology and Cytology*. Wiley & Sons, Incorporated, John. <https://doi.org/10.1002/9781119660293> [in English].
- Cornelius, E. A., Davis, A. K., & Altizer, S. A. (2014). How Important Are Hemoparasites to Migratory Songbirds? Evaluating Physiological Measures and Infection Status in Three Neotropical Migrants during Stopover. *Physiological and Biochemical Zoology*, 87(5), 719–728. <https://doi.org/10.1086/677541> [in English].
- Dimitrov, D., Marinov, M. P., Bobeva, A., Ilieva, M., Bedev, K., Atanasov, T., Zehindjiev, P. (2019). Haemosporidian parasites and leukocyte profiles of pre-migratory rosy starlings (*Pastor roseus*) brought into captivity. *Animal Migration*, 6(1), 41–48. <https://doi.org/10.1515/ami-2019-0005> [in English].
- Diop, D., Jarikre, T., Oni, O., Nwufoh, O., & Adediran, O. (2024). Haemogram and blood cell morphological changes in haemoparasitic infection of poultry birds. *Journal of Research in Veterinary Sciences*, 4(2), 25–34. <https://doi.org/10.5455/jrvs.20240606041839> [in English].
- González-Olvera, M., Hernández-Colina, A., Santiago-Alarcon, D., Osorio-Beristain, M., MartínezMaya, J. J. (2022). Blood-parasites (Haemosporida) of wild birds captured at different land uses within a tropical seasonal dry forest matrix. *Acta Zoológica Mexicana*, 38, 1–22. <https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812425> [in English].
- Hõrak, P., Ots, I., & Murumägi, A. (1998). Haematological health state indices of reproducing Great Tits: a response to brood size manipulation. *Functional Ecology*, 12(5), 750–756. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00244.x> [in English].
- Konventsiiia pro okhoronu dykoi flory ta fauny i pryrodnykh seredovysch isnuvannia v Yevropi. (1979). № 104. Bern. S. 1–50. URL: <https://rm.coe.int/16802efd67>. [in Ukrainian].
- La Puente, J. M., Merino, S., Tomás, G. (2010). The blood parasite *Haemoproteus* reduces survival in a wild bird: A medication experiment. *Biological Letters*, 6(5), 663–665. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0046> [in English].
- Loyola, D. C., Placko, A., Fessl, B., McNew, S. M. (2025). Novel microfilariae detected in Galapagos passerines. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 28, 101115. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2025.101115> [in English].
- Maxwell, M. H., Robertson, G. W. (1998). The avian heterophil leucocyte: A review. *World's Poultry Science Journal*, 54(2), 155–178. <https://doi.org/10.1079/wps19980012> [in English].
- Norte, A. C., Araújo, P. M., Sampaio, H. L., Sousa, J. P., & Ramos, J. A. (2009). Haematozoa infections in a Great Tit *Parus major* population in Central Portugal: relationships with breeding effort and health. *Ibis*, 151(4), 677–688. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.2009.00960.x> [in English].

13. Ots, I., MurumÄgi, A., & HÖrak, P. (1998). Haematological health state indices of reproducing Great Tits: methodology and sources of natural variation. *Functional Ecology*, 12(4), 700–707. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00219.x> [in English].
14. Owen, J. (2011). Collecting, processing, and storing avian blood: A review. *Journal of Field Ornithology*, 82(4), 339–354. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2011.00338.x> [in English].
15. Stanković, D., Rakovic, M. (2022). Temporal and geographical distribution of the blood parasites in the red-backed shrike *Lanius collurio* in Serbia. https://www.researchgate.net/publication/383063111_Temporal_and_geographical_distribution_of_the_blood_parasites_in_the_Red-backed_Shrike_Lanius_collurio_in_Serbia [in English].
16. Valkiūnas, G., Iezhova, T. A., Palinauskas, V. (2015). The evidence for rapid gametocyte viability changes in the course of parasitemia in *Haemoproteus* parasites. *Parasitology Research*, 114, 2903– 2909. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4491-2> [in English].
17. Villalva-Pasillas, D., Medina, J. P., Soriano-Vargas, E., Martínez-Hernández, D. A., García-Conejo, M., Galindo-Sánchez, K. P., Sánchez-Jasso, J. M., Talavera-Rojas, M., & Salgado-Miranda, C. (2020). Haemoparasites in endemic and non-endemic passerine birds from central Mexico highlands. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 11, 88–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.12.007> [in English].
18. Votyčka, J., Tryjanowski, P., Simek, J. (2003). Blood parasites, reproduction and sexual selection in the red-backed shrike (*Lanius collurio*). *Annales Zoologici Fennici*, 40(5), 431–439. https://www.researchgate.net/publication/252059546_Blood_parasites_reproduction_and_sexual_selection_in_the_red-backed_shrike_Lanius_collurio. [in English].
19. Wojczulanis-Jakubas, K., Jakubas, D., Czujkowska, A., Kulaszewicz, I., & Kruszewicz, A. G. (2012). Blood Parasite Infestation and the Leukocyte Profiles in Adult and Immature Reed Warblers (*Acrocephalus scirpaceus*) and Sedge Warblers (*Acrocephalus schoenobaenus*) During Autumn Migration. *Annales Zoologici Fennici*, 49(5), 341–349. <https://doi.org/10.5735/086.049.0507> [in English].
20. Yevropeiska konvetsiia pro zakhyst khrebetnykh tvaryn, shcho vykorystovuiutsia dlia doslidnykh ta inshykh naukovykh tsiliakh. (1986). № 123. Strasburh. S. 1–19. <https://rm.coe.int/16802efd6f> [in Ukrainian].

Kravtsova A.

PhD student, Department of Zoology
H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University
anastasiia.kravtsova@hnpu.edu.ua
orcid.org/0009-0002-2471-1862

Lykova I.

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Zoology
H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University
irlyk16@gmail.com
orcid.org/0000-0003-1347-2077

FEATURES OF THE LEUKOCYTE FORMULA OF BLOOD AND THE HETEROPHIL-LYMPHOCYTE INDEX IN BIRDS OF THE ORDER PASSERIFORMES UNDER CONDITIONS OF PARASITIC INVASION

The article presents the results of a study of blood leukocyte formula indicators and the heterophil-lymphocyte (H/L) index in birds of the order Passeriformes with different statuses of parasitic invasion. The aim of the study was to determine the characteristics of the immunological response of birds in the presence of hemoparasites and to evaluate

blood leukocyte formula and heterophil-lymphocyte index (H/L) as markers of physiological status.

The study material consisted of blood smears from representatives of the families Turdidae, Emberizidae, and Laniidae. The leukocyte formula was determined using a standard method with a calculation of the percentage content of heterophils, eosinophils, monocytes, lymphocytes, and basophils, as well as a calculation of the H/L index.

The study found that the presence of hemoparasites is accompanied by characteristic changes in the blood leukocyte formula, in particular an increase in the proportion of heterophils and a decrease in the content of lymphocytes, which leads to an increase in the H/L index values. The most pronounced changes were recorded in invaded birds of the Turdidae family, namely: the song thrush (*Turdus philomelos* Brehm, 1831) – 0.95, the common blackbird (*Turdus merula* Linnaeus, 1758) – 1.52 and the Emberizidae family, yellowhammer (*Emberiza citrinella* Linnaeus, 1758) – 1.02 and the maximum values of the H/L index were found in the red-backed shrike (*Lanius collurio* Linnaeus, 1758) – 1.67, which may indicate an increased level of physiological stress and tension of the immune system.

The results confirm the sensitivity of the blood leukocyte formula and G/L index to parasitic load and justify their use as informative indicators for assessing the physiological and immune status of wild birds.

Key words: leukocyte formula, heterophil-lymphocyte index, Passeriformes, Haemoproteus spp., Microfilaria.

**Стаття до редакції надійшла 28.11.2025 року
Рецензія на статтю надійшла 16.12.2025 року**