

Адаптивные реакции крови средиземноморской черепахи Никольского *Testudo graeca nikolskii* Skhikvadze et Tuniyev, 1986 (Testudinidae, Reptilia)

Е. Б. Романова^{1✉}, А. Г. Бакиев², Р. А. Горелов²

¹ *Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н. И. Лобачевского*

Россия, 603950, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23

² *Самарский федеральный исследовательский центр РАН,*

Институт экологии Волжского бассейна РАН

Россия, 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10

Информация о статье

Оригинальная статья

УДК 598.132.4:591.111.1

[https://doi.org/10.18500/1814-6090-](https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-3-4-163-170)

2024-24-3-4-163-170

EDN: LSGEBV

Поступила в редакцию 21.08.2024,

после доработки 12.09.2024,

принята 12.09.2024

Аннотация. С целью проверки здоровья у особей средиземноморской черепахи Никольского *Testudo graeca nikolskii* Skhikvadze et Tuniyev, 1986 (22 особи: 6 самцов и 16 самок), собранных в окрестностях г. Анапа (Краснодарский край России), использован гематологический подход для оценки адаптивных реакций крови. У 54.5% особей в мазках крови обнаружены внутриэритроцитарные паразиты *Haemogregarina* spp. (Adeleorina, Coccidia). Высокие показатели экстенсивности инвазии, средней интенсивности инвазии, индекса обилия и долей зараженных клеток самок черепах свидетельствовали об их большей склонности к инфицированию гемогрегаринами по сравнению с самцами. Отдельные стадии развития гемопаразита (гаметоциты и трофозоиты) встречались в эритроцитах крови черепах с равной частотой. По лейкоцитарному составу крови различий между инфицированными и здоровыми самками и самцами не выявлено. В лейкограммах черепах преобладали лимфоциты. Выявлена зависимость между возрастанием числа эозинофилов в периферической крови черепах и содержанием в эритроцитах трофозоитов. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии паразитических форм *Haemogregarina* spp. на иммунный ответ организма черепах и необходимости выявления возможных вредных долгосрочных последствий инфицирования гемогрегаринами черепах *T. g. nikolskii* из Краснодарского края.

Ключевые слова: черепахи, периферическая кровь, лейкоцитарные индексы, лейкоцитарная формула крови, гемопаразиты

Образец для цитирования: Романова Е. Б., Бакиев А. Г., Горелов Р. А. 2024. Адаптивные реакции крови средиземноморской черепахи Никольского *Testudo graeca nikolskii* Skhikvadze et Tuniyev, 1986 (Testudinidae, Reptilia) // Современная герпетология. Т. 24, вып. 3/4. С. 163 – 170. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-3-4-163-170>, EDN: LSGEBV

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

ВВЕДЕНИЕ

Видовой ареал средиземноморской черепахи – *Testudo graeca* Linnaeus, 1758 – расположен в Северной Африке, Южной Европе, Передней Азии и на островах Средиземного моря; зарегистрированные на Канарских островах экземпляры, скорее всего, являются сбежавшими домашними животными, которые не образуют жизнеспособных популяций (The Reptile Database, 2024). В Краснодарском крае России, откуда добыты исследованные нами особи, распространена одна подвидовая форма – средиземноморская черепаха Никольского *T. g. nikolskii* Skhikvadze et Tuniyev, 1986. Под-

вид описан В. М. Чхиквадзе и Б. С. Туниевым (1986) по экземплярам из Краснодарского края (голотип – самка из пос. Небуг Туапсинского района, паратипы – 5 экземпляров из различных пунктов юга Краснодарского края). Еще в конце XX в. средиземноморская черепаха Никольского была довольно многочисленной между Новороссийском и Адлером в Краснодарском крае, но к настоящему времени почти исчезла здесь, поскольку ежегодно сотнями вывозилась отдыхающими. В настоящее время *T. g. nikolskii* – реликтовый эндемичный подвид с прогрессирующим сокращением численности, включенный в Красную книгу Российской

✉ *Для корреспонденции.* Институт биологии и биомедицины Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.

ORCID и e-mail адреса: Романова Елена Борисовна: <https://orcid.org/0000-0002-1925-7864>, romanova@ibbm.unn.ru; Бакиев Андрей Геннадьевич: <https://orcid.org/0000-0002-0338-2740>, herpetology@list.ru; Горелов Роман Андреевич: <https://orcid.org/0000-0002-0207-2951>, gorelov.roman@mail.ru.

Федерации (2021) с категорией и статусом 1 – «Находящийся под угрозой исчезновения подвид» и Красную книгу Краснодарского края (2017) с категорией таксона 2 ИС – «Исчезающие».

С целью сохранения средиземноморских черепах создаются специализированные питомники (Kirsche, 1998), где черепахи содержатся под контролем и охраной специалистов для последующей реинтродукции в естественные места обитания вида. В пос. Супсех, расположенном в 2 км на юго-восток от центра г. Анапа, находится питомник для содержания средиземноморских черепах Никольского, доставленных сюда из окрестностей г. Анапы. В рамках проверки здоровья у самцов и самок *T. g. nikolskii* из этого питомника были взяты мазки крови, являющиеся первичным инструментом для цитологической диагностики.

Цель работы: исследование периферической крови здоровых и зараженных гемопаразитами особей средиземноморской черепахи Никольского.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследованные особи *T. g. nikolskii* (6 самцов и 16 самок) содержались в питомнике и поступили сюда в 2023 – 2024 гг. Забор крови у черепах проведен в один день (19.04.2024 г.) путем прокола яремной вены. Все работы осуществлялись в соответствии с «Международными руководящими принципами для биомедицинских исследований на животных» (International Guiding..., 2012). Мазки крови (по два от каждой особи) готовили с помощью гематологического штапеля, высушивали на воздухе, затем фиксировали в спирто-эфирной смеси (1:1). Зафиксированные мазки хранили до окрашивания при комнатной температуре. Мазки окрашивали в течение 20 мин красителем Гимза азур-эозин по Романовскому (10 – 12 кратный раствор, фирма «Биолот», Россия), приготовленном на фосфатном буфере (рН 6.8 – 7.2). Готовые мазки просматривали на микроскопе Meiji Techno серии MT 4000 с иммерсией (Meiji Techno, Japan), при увеличении $\times 1500$, с дифференцированным подсчетом лейкоцитов (Соколина и др., 1997; Alleman et al., 1992). С учетом морфологических особенностей определяли пять типов лейкоцитарных клеток (в %): гранулоциты (гетеро-

филы, базофилы, эозинофилы) и агранулоциты (моноциты, лимфоциты) (рис. 1).

Цифровые изображения препаратов выполняли камерой Vision CAM (Vision, Japan) для тринокулярного микроскопа Meiju Techno (увеличение $\times 1500$).

На основании лейкоцитарной формулы крови рассчитали интегральные лейкоцитарные индексы в относительных единицах:

индекс сдвига лейкоцитов, ИСЛ = \sum гранулоцитов / \sum агранулоцитов;

индекс соотношения лимфоцитов и эозинофилов, ИСЛЭ = Л/Э;

индекс соотношения гетерофилов и эозинофилов, ИСГЭ = Г/Э;

лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс, ИЛГ = $L \cdot 10 / (Э + Г + Б)$;

индекс соотношения гетерофилов и лимфоцитов, ИСГЛ = Г/Л,

где Л – лимфоциты; Э – эозинофилы; Г – гетерофилы; Б – базофилы.

Измеряли длину карапакса (в мм) черепах по его прямой средней линии от переднего края загривкового щитка до заднего конца надхвостового щитка штангенциркулем.

Учет гемопаразитов проводили на 500 эритроцитов у каждой особи. Экстенсивность инвазии (E) – количество особей вида, зараженных гемопаразитами, по отношению ко всему числу исследованных особей, рассчитывали по формуле: $E = n / N \times 100\%$. Среднюю интенсивность инвазии (I) – число паразитов, приходящихся в среднем на одну черепаху, рассчитывали по формуле: $I = m / n$. Индекс обилия (ИО) – число гемопаразитов, приходящихся на одну исследованную особь (рассчитывали по формуле: $ИО = m / N$, где n – число зараженных особей, m – число обнаруженных гемопаразитов, N – число исследованных особей хозяев).

Полученные первичные данные проверяли на нормальность распределения по специальным критериям Шапиро – Уилка и Лиллиефорса. Ввиду несоответствия первичных данных нормальному распределению центральные тенденции и рассеяние показателей описывали медианой (Me) и интерквартильным размахом (IQR). Данные сравнивали методами непараметрической статистики с расчетом критериев: Краскела – Уоллиса (H) (при множественном сравнении независимых групп по одному признаку), Данна (D) (множественный критерий при попарном сравнении групп), Манна – Уитни (u) при сравнении двух групп, критерием z – при сравнении долей с поправкой Холма, при $\alpha = 0.007$. Анализ связи и зависимости признаков

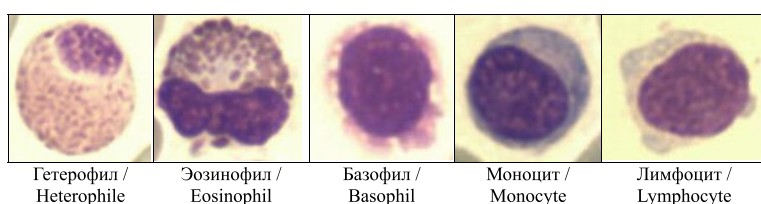


Рис. 1. Лейкоцитарный состав крови *Testudo graeca nikolskii*
 Fig. 1. Leukocyte composition of the blood of *Testudo graeca nikolskii*

проводили ранговым коэффициентом корреляции Спирмена (ρ) и коэффициентом регрессии в пакете прикладных программ «Statistica» (StatSoft Inc., OK, USA). За величину статистической значимости принимали $\alpha = 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В мазках крови средиземноморских черепах у 54.5% особей (10 самок и 2 самца) были обнаружены внутриэритроцитарные паразиты *Haemogregarina* spp., которые являются наиболее распространенными паразитами крови черепах (Adl et al., 2012), имеют сложный жизненный цикл, включающий мерогонию и образование гаметоцитов в эритроцитах позвоночного хозяина, а также гамогоний и спорогоний в кишечнике беспозвоночного переносчика (пиявки) (Siddall, Dessler, 2001; Telford, 2008). Остальные особи (4 самца и 6 самок, 45.5% от собранных особей) оказались здоровыми. Экстенсивность инвазии, средняя интенсивность инвазии, индекс обилия, а также доля зараженных клеток у самок была значимо выше по сравнению с самцами ($z = 1.85, p = 0.032$) (табл. 1), что позволяет прийти к заключению о том, что самки более склонны к инфицированию гемогрегаринами, чем самцы.

У исследованных инфицированных особей наблюдали разные стадии развития апикомплексовых гемопаразитов, расположенных внутри эритроцитов периферической крови: гаметоциты и трофозоиты (рис. 2). Гаметоциты имели овальную форму с зернистым ядром (см. рис. 2, а). Зрелые трофозоиты были U-образной формы, с частично сросшимися ответвлениями разного размера, образующими большое овальное тело, заключенное в капсулу, и ядро (см. рис. 2, б).

Интенсивность инфицирования черепах варьировала от 0.2 до 4.2% (процент зараженных эритроцитов) (табл. 2). В образцах крови трофозоиты встречались в 54.2% случаев заражения, достаточно часто встречались и гаметоциты (45.7%). В литературе есть сведения, что чем меньше времени прошло с момента заражения черепах, тем вы-

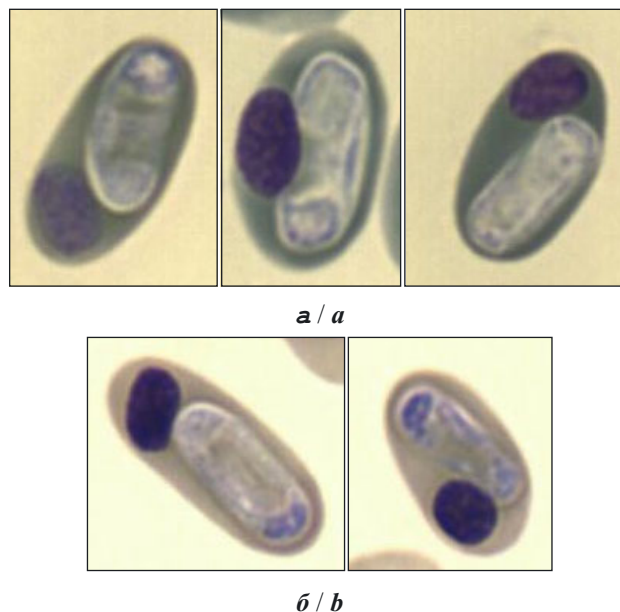


Рис. 2. Паразитические стадии *Haemogregarina* spp. в эритроцитах *Testudo graeca nikolskii*: а – гаметоциты, б – трофозоиты

Fig. 2. Parasitic stages of *Haemogregarina* spp. in erythrocytes *Testudo graeca nikolskii*: а – gametocytes, б – trophozoites

ше процент трофозоитов, меньше число гаметоцитарных форм и инфицированных эритроцитов (Mihalca et al., 2002). Нашим исследованием установлено, что при высокой интенсивности инфицирования гаметоциты ($\rho = 0.77, p = 0.003$) и трофозоиты ($\rho = 0.74, p = 0.005$) в эритроцитах черепах встречались с равной вероятностью.

Следует отметить отсутствие корреляционной связи между длиной карапакса и паразитарными формами ($\rho = 0.07, p = 0.82$), хотя в литературе встречаются сведения о повышенном содержании трофозоитов в крови крупных инфицированных черепах по сравнению с мелкими особями и преобладании гаметоцитов у мелких черепах (Mihalca et al., 2002).

По лейкоцитарному составу крови и лейкоцитарным индексам (лимфоцитарно-гранулоци-

Таблица 1. Зараженность *Testudo graeca nikolskii* гемогрегаринами *Haemogregarina* spp.

Table 1. Infection of *Testudo graeca nikolskii* with *Haemogregarina* spp.

Пол / Sex	Число зараженных особей / Number of infected individuals	Число паразитов на 500 эритроцитов / Number of parasites per 500 red blood cells	Доля клеток с паразитами / Proportion of cells with parasites	E, % / I, %	I, отн. ед. / I, relative units	ИО, отн. ед. / AI, relative units
Самки / Females (n = 16)	10	72	0.144	62.5	7.2	4.50
Самцы / Males (n = 6)	2	11	0.022	33.3	5.5	1.83
В целом / Total (n = 22)	12	83	0.166	54.5	6.9	3.77

Примечание. E – экстенсивность инвазии, I – средняя интенсивность инвазии, ИО – индекс обилия.
Note. I – invasion intensity, I – average invasion rate, AI – abundance index.

Таблица 2. Пол, размеры и разные стадии гемопаразитов в эритроцитах крови *Testudo graeca nikolskii* (в расчете на 500 клеток)

Table 2. Sex, size and stage of the blood parasites in erythrocytes of *Testudo graeca nikolskii* (per 500 cells)

Пол / Sex	Длина карапакса, мм / Carapax length, mm	Трофозоиты, n / % / Trophozoites, n / %	Гаметоциты, n / % / Gametocytes, n / %	Все стадии / % / All stages / %
♀	201	3 / 0.6	18 / 3.6	21 / 4.2
♀	196	2 / 0.4	0	2 / 0.4
♀	185	0	3 / 0.6	3 / 0.6
♀	179	6 / 1.2	2 / 0.4	8 / 1.6
♀	193	4 / 0.8	0	4 / 0.8
♀	196	1 / 0.2	0	1 / 0.2
♀	209	10 / 2.0	5 / 1.0	15 / 3.0
♀	180	0	1 / 0.2	1 / 0.2
♀	214	6 / 1.2	1 / 0.2	7 / 1.4
♀	160	3 / 0.6	7 / 1.4	10 / 2.0
♂	156	9 / 1.8	1 / 0.2	10 / 2.0
♂	185	1 / 0.2	0	1 / 0.2
Статистические показатели: сумма / % пораженных эритроцитов в расчете на 500 клеток / Statistical parameters: sum / % of affected erythrocytes per 500 cells		45 / 9.0	38 / 7.6	83 / 16.6

тарного, сдвига лейкоцитов, отношения лимфоцитов и эозинофилов, отношения гетерофилов и эозинофилов, отношения гетерофилов и лимфоцитов) различий между инфицированными и здоровыми самками и самцами не выявлено. Относительное

содержание гранулоцитов и агранулоцитов в четырех группах было сопоставимо (табл. 3).

Усредненные значения показателей лейкограммы для здоровых и инфицированных самцов и самок характеризовались лимфоцитарным про-

Таблица 3. Лейкоцитарный состав периферической крови здоровых и зараженных гемогрегаринами особей *Testudo graeca nikolskii*

Table 3. Leukocyte composition of peripheral blood of healthy and hemogregarine-infected *Testudo graeca nikolskii* individuals

Показатель лейкограммы / Leukogram indicator	Самцы / Males, n = 6				Самки / Females, n = 16				Статистические показатели / Statistical indicators
	Инфицированные / Infected, n = 2		Здоровые / Healthy, n = 4		Инфицированные / Infected, n = 10		Здоровые / Healthy, n = 6		
	Me	IQR	Me	IQR	Me	IQR	Me	IQR	
Гетерофилы, % / Heterophils, %	11.0	10.0	18.0	20.0	14.5	46.0	9.5	19.0	$H = 1.29, p = 0.73$
Эозинофилы, % / Eosinophils, %	16.0	2.0	11.5	19.0	12.6	19.0	13.5	10.0	$H = 2.22, p = 0.52$
Базофилы, % / Basophils, %	6.0	0.0	3.5	5.0	3.5	6.0	4.0	3.0	$H = 3.21, p = 0.35$
Моноциты, % / Monocytes, %	10.5	1.0	16.0	6.0	15.5	21.0	19.0	17.0	$H = 4.39, p = 0.22$
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	56.5	11.0	46.5	29.0	54.5	28.0	54.5	12.0	$H = 0.38, p = 0.44$
Гранулоциты, % / Granulocytes, %	30.0	18.0	30.5	27.0	28.0	37.0	26.5	23.0	$H = 1.04, p = 0.79$
Агранулоциты, % / Agranulocytes, %	67.0	12.0	64.0	26.0	72.0	37.0	74.0	22.0	$H = 1.96, p = 0.58$
ИСЛ, отн. ед. / Leukocyte shift index, arb. un.	0.46	0.35	0.49	0.60	0.38	1.15	0.36	0.45	$H = 0.87, p = 0.83$
ИСЛЭ, отн. ед. / Index of the lymphocytes and eosinophils ratio, arb. un.	3.5	1.1	4.34	6.39	4.9	17.6	4.21	7.62	$H = 1.29, p = 0.72$
ИСГЭ, отн. ед. / Index of the heterophils and eosinophils ratio, arb. un.	0.7	0.5	1.48	2.15	1.31	9.92	1.24	2.90	$H = 1.13, p = 0.76$
ИЛГ, отн. ед. / Lymphocyte-granulocyte index, arb. un.	18.0	9.8	13.6	24.3	19.4	2.4	21.3	20.19	$H = 1.20, p = 0.75$
ИСГЛ, отн. ед. / Index of the heterophils and lymphocytes ratio, arb. un.	0.2	0.2	0.4	0.61	0.25	1.4	0.18	0.38	$H = 1.95, p = 0.58$
Число паразитов, n / Number of parasites, n	5.50	4.50	–	–	6.70	1.93	–	–	$H = 0.10, p = 0.91$

Примечание. H – критерий Краскела – Уоллиса, p – достигнутый уровень значимости.

Note. H – Kraskell–Wallis test, p – significance level.

Таблица 4. Усредненные показатели (*Me / IQR*) лейкоцитарного состава крови *Testudo graeca nikolskii*

Table 4. Average performance leukocyte content (*Me / IQR*) of blood of *Testudo graeca nikolskii*

Гетерофилы / Heterophils	Эозинофилы / Eosinophils	Базофилы / Basophils	Моноциты / Monocytes	Лимфоциты / Lymphocytes
14.5 / 47.0	13.0 / 23.0	4.0 / 6.0	16.0 / 21.0	54.5 / 31.0

филем, что свидетельствовало о преобладании специфической (лимфоцит-зависимой) составляющей в иммунных реакциях особей (табл. 4).

Регрессионным анализом выявлена зависимость возрастания доли эозинофилов в периферической крови с содержанием в эритроцитах трофозоитов (рис. 3), но не гаметоцитных форм гемопаразита. Уравнение регрессии, аппроксимирующее линейную зависимость между изученными показателями, имело вид: Эозинофилы, % = $8.8484 + 0.996x$ ($r = 0.614, p = 0.033, R^2 = 0.377$). Результаты множественной регрессии свидетельствовали о значимости отличий от нуля коэффициента линейной регрессии, $\beta = 0.37$, и стандартной ошибки, $S\beta = 0.15, p = 0.03$.

Полученные результаты показывают, что паразитические формы *Haemogregarina* spp. могут оказывать влияние на лейкоцитарный состав крови и иммунный ответ средиземноморской черепахи.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Последствия инфицирования гемогрегаринами для системы крови рептилий до конца не ясны, но есть сведения, что высокая интенсивность зара-

жения у пресноводных черепах вызывает относительный лимфоцитоз и гетеропению, при этом наличие гаметоцитных форм связано с возрастанием числа эозинофилов и снижением количества моноцитов (Mihalca et al., 2002). Другие исследователи сообщают об отсутствии клинических признаков (Mihalca et al., 2008) и различий в дифференциальном количестве клеток крови у рептилий (пресноводных змей) при инфицировании (Salakij et al., 2002).

Связь между иммунитетом и паразитами достаточно сложная. Напомним, что развитию паразита в организме хозяина способствует такой феномен, как иммунологическая индукция, которая заключается в способности паразита изменять процесс синтеза белка с образованием общих белковых антигенов (Малютина, 2008). Поэтому иммунитет при инфицировании бывает неярко выражен, характеризуется слабым напряжением и кратковременным действием, зависит от физиологических и экологических особенностей паразитов (Шевкопляс, Лопатин, 2008), при этом сравнительный анализ крови инфицированных и здоровых особей может не показывать каких-либо различий. Известно, что гемогрегарины влияют на общее состояние животных, вызывая снижение значения гематокрита, гемоглобина и количества эритроцитов у инфицированных особей (Thrall et al., 2004; Stacy et al., 2011). При нарастании интенсивности инфекции гемогрегарины, несущие широкий спектр поверхностных антигенов, по всей видимости, распознаются хозяином как нечто генетически чужеродное, вызывая ответные иммунологические реакции и эозинофилию. По своим цитохимическим свойствам эозинофильные гранулоциты являются первичными эффекторными клетками со специфической антипаразитарной функцией, и возрастание в крови доли этих клеток при инфицировании обеспечивает усиление защитных реакций организма (Шевкопляс, Лопатин, 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наше исследование является первым, в котором проведена оценка адаптивных реакций системы крови здоровых и зараженных гемопаразитами средиземноморских черепах. Полученные результаты предоставили доказательства влияния интенсивности инфицирования гемопаразитами на иммунный статус черепах. Черепахи как долгоживущие, морфологически и экологически консервативные виды на протяжении своей жиз-

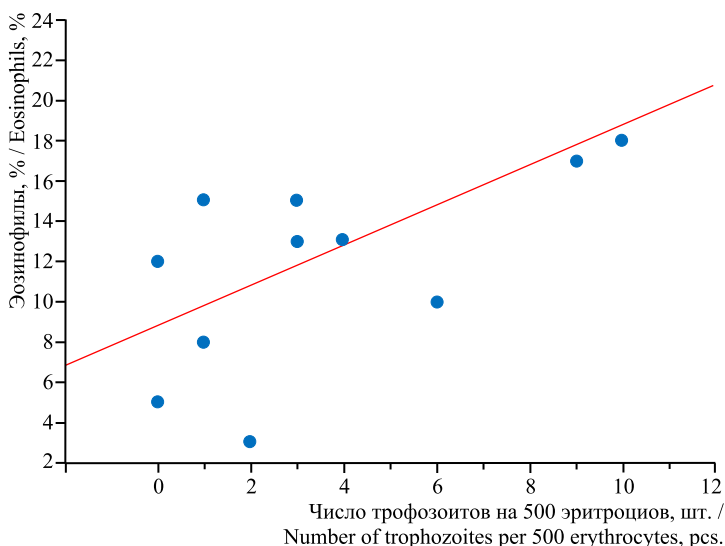


Рис. 3. Зависимость возрастания количества эозинофилов в крови *Testudo graeca nikolskii*, инфицированных *Haemogregarina* spp.
Fig. 3. The dependence of the increase in the number of eosinophils in the blood of *Testudo graeca nikolskii* infected with *Haemogregarina* spp.

ни, вероятно, сталкиваются с самыми разнообразными патогенами, что приводит к развитию более сложной (опосредованной антителами) иммунной защиты, тогда как короткоживущие виды в большей степени полагаются на неспецифическую и воспалительную иммунную защиту. Однако их низкое видовое богатство и высокая степень антропогенной угрозы, а также изменения окружающей среды в пространственном и временном масштабах указывают на необходимость защиты и сохранения видов, подвергающихся серьезному риску исчезновения.

Полагаем, что выявление возможных вредных долгосрочных последствий инфицирования гемогregarинами, контроль за состоянием здоровья и численностью *T. g. nikolskii* будет способствовать защите и сохранению этого редкого подвида черепах в Краснодарском крае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Красная книга Краснодарского края. Животные. 3-е издание. 2017. Краснодар : Администрация Краснодарского края. 720 с.
- Красная книга Российской Федерации. Т. Животные. 2-е издание. 2021. М. : ФГБУ «ВНИИ Экология». 1128 с.
- Малютина Т. А. 2008. Взаимоотношения в системе паразит-хозяин: биохимические и физиологические аспекты адаптации (ретроспективный обзор) // Российский паразитологический журнал. № 1. С. 1 – 17.
- Соколина Ф. М., Павлов А. В., Юсупов Р. Х. 1997. Гематология пресмыкающихся : методическое пособие по курсу «Герпетология», большому практикуму и спецсеминарам. Казань : Казанский государственный университет. 31 с.
- Чхиквадзе В. М., Туниев Б. С. 1986. О систематическом положении современной сухопутной черепахи Западного Закавказья // Сообщения Академии наук Грузинской ССР. Т. 124, № 3. С. 617 – 620.
- Шевкопляс В. Н., Лопатин В. Г. 2008. Влияние гельминтозов на течение иммунологических процессов у животных // Российский паразитологический журнал. № 4. С. 94 – 101.
- Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E., Lukeš J., Bass D., Bowser S. S., Brown M. W., Burki F., Dunthorn M., Hampl V., Heiss A., Hoppenrath M., Lara E., le Gall L., Lynn D. H., McManus H., Mitchell E. A. D., Mozley-Stanridge S. E., Parfrey L. W., Pawlowski J., Rueckert S., Shadwick L., Schoch C. L., Smirnov A., Spiegel F. W. 2012. The revised classification of eukaryotes // Journal of Eukaryotic Microbiology. Vol. 59, iss. 5. P. 429 – 514. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>
- Alleman A. R., Jacobson E. R., Raskin R. E. 1992. Morphologic and cytochemical characteristics of blood cells from the desert tortoise (*Gopherus agassizii*) // American Journal of Veterinary Research. Vol. 53. P. 1645 – 1651.
- International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals. 2012. Geneva, Switzerland : Council for International Organization of Medical Sciences Publ. 4 p.
- Kirsche W. 1998. Die Landschildkröten Europas. Biologie, Pflege, Zucht und Schutz. Melle : Mergus Verlag GmbH. 104 p.
- Mihalca A., Achelaritei D., Popescu P. 2002. Haemoparasites of the genus *Haemogregarina* in a population of European pond turtles (*Emys orbicularis*) from Drăgășani, Valcea county, Romania // Scientia Parasitologica. Vol. 2. P. 22 – 27.
- Mihalca A., Racka K., Gherman C., Ionescu D. T. 2008. Prevalence and intensity of blood apicomplexan infections in reptiles from Romania // Parasitology Research. Vol. 102, iss. 5. P. 1081 – 1083. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-0912-9>
- Salakij C., Salakij J., Suthunmapinunta P., Chanhome L. 2002. Hematology, morphology and ultrastructure of blood cells and blood parasites from puff-faced watersnakes (*Homalopsis buccata*) // Kasetsart Journal – Natural Science. Vol. 36. P. 35 – 43.
- Siddall M. E., Desser S. S. 2001. Transmission of *Haemogregarina balli* from painted turtles to snapping turtles through the leech *Placobdella ornata* // Journal of Parasitology. Vol. 87, iss. 5. P. 1217 – 1218. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2001\)087\[1217:TOHBF2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2001)087[1217:TOHBF2.0.CO;2)
- Telford Jr. S. R. 2008. Hemoparasites of the Reptilia : Color Atlas and Text. New York : CRC Press. 376 p.
- The Reptile Database / eds. P. Uetz, P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudara, J. Hošek. 2024. Available at: <https://www.reptile-database.org> (accessed May 22, 2024).

Adaptive blood reactions of *Testudo graeca nikolskii* Ckhikvadze et Tuniyev, 1986 (Testudinidae, Reptilia)

E. B. Romanova ^{1✉}, A. G. Bakiev ², R. A. Gorelov ²

¹Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod
23 Gagarin Avenue, Nizhni Novgorod 603950, Russia

²Samara Federal Research Center of RAS,
Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences
10 Komzina St., Togliatti 445003, Russia

Article info

Original Article

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-3-4-163-170>
EDN: LSGEBV

Received August 21, 2024,
revised September 12, 2024,
accepted September 12, 2024

Abstract. In order to check the health of individuals of the Mediterranean tortoise *Nikolskii Testudo graeca nikolskii* Ckhikvadze et Tuniyev, 1986 (22 individuals: 6 males and 16 females) collected in the vicinity of Anapa (Krasnodar region of Russia), a haematological approach was used to assess adaptive blood reactions. Intraerythrocytic parasites *Haemogregarina* spp. (Adeleorina, Coccidia) were detected in blood smears of 54.5% of turtles. Female were more prone to infection with hemogregarines than males, as evidenced by higher invasion index, mean invasion intensity and proportion of infected cells. Individual stages of hemoparasite development (gametocytes and trophozoites) were found in blood erythrocytes with equal frequency. No differences were found in the leukocyte composition of the blood between infected and healthy female and male. Lymphocytes predominated in the leukogram of turtles. The dependence of the increase in the number of eosinophils in the peripheral blood of turtles on the content of trophozoites in erythrocytes was revealed. Parasitic forms of *Haemogregarina* spp. affected the host's immune response and it is necessary to identify possible harmful long-term consequences of infection for *T. g. nikolskii* Ckhikvadze et Tuniyev, 1986 from Krasnodar region.

Keywords: turtles, peripheral blood, leukocytal index, WBC (white blood cells), hemoparasites

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

For citation: Romanova E. B., Bakiev A. G., Gorelov R. A. Adaptive blood reactions of *Testudo graeca nikolskii* Ckhikvadze et Tuniyev, 1986 (Testudinidae, Reptilia). *Current Studies in Herpetology*, 2024, vol. 24, iss. 3–4, pp. 163–170 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-3-4-163-170>, EDN: LSGEBV

REFERENCES

Red Book of the Krasnodar Region. Animals. 3 edition. Krasnodar, Krasnodar Krai Administration Publ., 2017. 720 p. (in Russian).

Red Book of the Russian Federation. Vol. Animals. 2nd edition. Moscow, FGBU “VNII Ecology” Publ., 2021. 1128 p. (in Russian).

Malyutina T. A. Mutual relations in the parasite-host system: Biochemical and physiological aspects of adaptation (retrospective review). *Russian Parasitological Journal*, 2008, no. 1, pp. 1–17 (in Russian).

Sokolina F. M., Pavlov A. V., Yusupov R. Kh. *Gematologiya presmykayushchikhysya. Metodicheskoe posobie po kursu “Gerpetologiya”, bol'shomu praktikumu i spetsseminaram* [Hematology of Reptiles. Methodological Manual for the Course of Herpetology, a Large Workshop and Special Seminars]. Kazan, Kazan State University Publ., 1997. 31 p. (in Russian).

Chkhikvadze V. M., Tuniev B. S. On the systematic position of the modern land tortoise of Western Transcaucasia. *Reports of the Academy of Sciences of the*

Georgian SSR, 1986, vol. 124, no. 3, pp. 617–620 (in Russian).

Shevkoplyas V. N., Lopatin V. G. Influence of helminthoses on the course of immunological processes in animals. *Russian Journal of Parasitology*, 2008, no. 4, pp. 94–101 (in Russian).

Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E., Lukeš J., Bass D., Bowser S. S., Brown M. W., Burki F., Dunthorn M., Hampl V., Heiss A., Hoppenrath M., Lara E., le Gall L., Lynn D. H., McManus H., Mitchell E. A. D., Mozley-Stanridge S. E., Parfrey L. W., Pawlowski J., Rueckert S., Shadwick L., Schoch C. L., Smirnov A., Spiegel F. W. The revised classification of eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 2012, vol. 59, iss. 5, pp. 429–514. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>

Alleman A. R., Jacobson E. R., Raskin R. E. Morphologic and cytochemical characteristics of blood cells from the desert tortoise (*Gopherus agassizii*). *American Journal of Veterinary Research*, 1992, vol. 53, pp. 1645–1651.

International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals. Geneva, Council for International Organization of Medical Sciences Publ., 2012. 4 p.

✉ Corresponding author. Department of Ecology of Institute of Biology and Biomedicine, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Elena B. Romanova: <https://orcid.org/0000-0002-1925-7864>, romanova@ibbm.unn.ru; Andrey G. Bakiev: <https://orcid.org/0000-0002-0338-2740>, herpetology@list.ru; Roman A. Gorelov: <https://orcid.org/0000-0002-0207-2951>, gorelov.roman@mail.ru.

Kirsche W. *Die Landschildkröten Europas. Biologie, Pflege, Zucht und Schutz*. Melle, Mergus Verlag GmbH., 1998. 104 S.

Mihalca A., Achelaritei D., Popescu P. Haemoparasites of the genus *Haemogregarina* in a population of European pond turtles (*Emys orbicularis*) from Drăgășani, Valcea county, Romania. *Scientia Parasitologica*, 2002, vol. 2, pp. 22–27.

Mihalca A., Racka K., Gherman C., Ionescu D. T. Prevalence and intensity of blood apicomplexan infections in reptiles from Romania. *Parasitology Research*, 2008, vol. 102, iss. 5, pp. 1081–1083. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-0912-9>

Salakij C., Salakij J., Suthunmapinunta P., Chanhome L. Hematology, morphology and ultrastruc-

ture of blood cells and blood parasites from puff-faced watersnakes (*Homalopsis buccata*). *Kasetsart Journal – Natural Science*, 2002, vol. 36, pp. 35–43.

Siddall M. E., Desser S. S. Transmission of *Haemogregarina balli* from painted turtles to snapping turtles through the leech *Placobdella ornate*. *Journal of Parasitology*, 2001, vol. 87, iss. 5, pp. 1217–1218. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2001\)087\[1217:TOHBFP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2001)087[1217:TOHBFP]2.0.CO;2)

Telford Jr. S. R. *Hemoparasites of the Reptilia: Color Atlas and Text*. New York, CRC Press, 2008. 376 p.

Uetz P., Freed P., Aguilar R., Reyes F., Kundera J., Hošek J., eds. *The Reptile Database*, 2024. Available at: <https://www.reptile-database.org> (accessed May 22, 2024).