

## К ВОПРОСУ ОБ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЯХ СИСТЕМЫ КРОВИ ЧЕРЕПАХ *EMYS ORBICULARIS* И *TRACHEMYS SCRIPTA* (EMYDIDAE)

© 2023

Романова Е.Б.<sup>1</sup>, Столярова И.А.<sup>1</sup>, Бакиев А.Г.<sup>2</sup>, Горелов Р.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского  
(г. Нижний Новгород, Российская Федерация)

<sup>2</sup>Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН  
(г. Тольятти, Самарская область, Российская Федерация)

**Аннотация.** Выполнен сравнительный анализ лейкоцитарного профиля крови *Emys orbicularis* и *Trachemys scripta* из Самарского зоопарка. Установлены статистически значимые межвидовые половые различия по содержанию в крови гранулоцитов (гетерофилов, базофилов и эозинофилов). Доля агранулоцитов в крови обоих видов была одинаковой. Дисперсионным анализом показано значимое влияние вида, пола и их взаимодействия на состав лейкоцитов крови черепах. При этом самцы *E. orbicularis* отличались от самцов *T. scripta* повышенным содержанием в крови гетерофилов, а самки от самок – повышенным содержанием гетерофилов и пониженным содержанием базофилов. Анализ лейкоцитарных индексов выявил более активную составляющую неспецифической естественной резистентности организма самок *E. orbicularis* по сравнению с самцами и самками *T. scripta*. В условиях неволи *E. orbicularis* испытывали больший стресс относительно *T. scripta*, о чем свидетельствовало повышенное значение индекса соотношения гетерофилов и лимфоцитов и более низкое содержание эозинофилов. С увеличением размеров тела отмечено возрастание в крови самок *T. scripta* относительного содержания лимфоцитов и повышение стрессоустойчивости, тогда как у *E. orbicularis* подобной специфической реакции иммунитета не наблюдалось. Полагаем, что видоспецифическая адаптивная реакция системы крови дает конкурентные преимущества расселяющемуся экзотическому виду *T. scripta*, который потенциально угрожает природным популяциям *E. orbicularis*.

**Ключевые слова:** болотная черепаха; красноухая черепаха; инвазивный вид; конкуренция; клетки крови; лейкоцитарная формула; лейкоцитарные индексы.

## ON THE ISSUE OF ADAPTIVE REACTIONS OF THE BLOOD SYSTEM OF COMPETING SPECIES OF TURTLES *EMYS ORBICULARIS* AND *TRACHEMYS SCRIPTA* (EMYDIDAE)

© 2023

Romanova E.B.<sup>1</sup>, Stolyarova I.A.<sup>1</sup>, Bakiev A.G.<sup>2</sup>, Gorelov R.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation)

<sup>2</sup>Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – Branch  
of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Togliatti, Samara Region, Russian Federation)

**Abstract.** A comparative analysis of the leukocyte composition of the blood of *Emys orbicularis* and *Trachemys scripta* from the Samara Zoo was carried out. Statistically significant interspecies sex differences in the content of granulocytes (heterophiles, basophils and eosinophils) in the blood were established. The proportion of agranulocytes in the blood of both species was the same. Multivariate analysis of variance revealed a significant effect of species, sex, and their interaction on the leukocyte composition of the blood of turtles. At the same time, males of *E. orbicularis* differed from males of *T. scripta* by an increased content of heterophiles in the blood, and females differed from females by an increased content of heterophiles and a decreased content of basophils. An analysis of leukocyte indices revealed a more active component of the nonspecific natural resistance of the organism of *E. orbicularis* females compared to males and females of *T. scripta*. In captivity, *E. orbicularis* experienced greater stress relative to *T. scripta*, as evidenced by an increased value of the index of the ratio of heterophils and lymphocytes and a lower content of eosinophils. With an increase in body size, an increase in the relative content of lymphocytes in the blood of *T. scripta* females and an increase in stress resistance were noted, while in *E. orbicularis* such a specific immune reaction was not observed. We believe that the species-specific adaptive reaction of the blood system gives competitive advantages to the spreading exotic species *T. scripta*, which potentially threatens natural populations of *E. orbicularis*.

**Keywords:** European pond turtle; pond slider; invasive species; competition; blood cells; WBC (white blood cells) leukocyte blood formula; integral leukocyte indices.

### Введение

Болотная черепаха *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), распространенная в некоторых регионах Европы, Азии и Африки [1], включена в Красный список МСОП с глобальным статусом вида, находящегося в состоянии, близком к угрожаемому – «Near Threatened» (NT) [2]. Уязвимость популяций болотной

черепахи повышается при совместном обитании с экзотическим видом из того же семейства американских пресноводных черепах Emydidae – красноухой черепахой *Trachemys scripta* (Thunberg in Schoepff, 1792). Красноухие черепахи массово и бесконтрольно ввозились с коммерческими целями во многие страны, где выпущенные и сбежавшие из неволи

особи попадали в местные водоемы [3–9]. Благодаря широкому диапазону толерантности по основным факторам среды, полифагии, способности преодолевать расстояния в несколько километров, будучи синантропным видом и колонизируя широкий спектр водных местообитаний, *T. scripta* может представлять косвенную угрозу для автохтонных черепах *E. orbicularis*, выступая в качестве агента передачи чужеродных патогенов, конкурента за места обитания [8; 10; 11] и половых партнеров [12]. В экспериментальных условиях в течение трех лет наблюдений при совместном содержании двух видов продемонстрированы признаки конкурентного доминирования *T. scripta*, проявляющиеся в снижении массы тела и высокой смертности *E. orbicularis* [3, p. 2516]. Конкурентные преимущества красноухой черепахи перед аборигенной европейской болотной черепахой заключаются в более крупных размерах, высокой плодовитости и раннем возрасте наступления половозрелости [13]. Менее изучены физиологические особенности крови болотной и красноухой черепах, эти исследования носят разрозненный и фрагментарный характер [14–22]. Между тем значительные различия в морфологии циркулирующих клеток, физиологических нормах гематологических показателей, иммунной защите определяют специфику жизненной стратегии видов, позволяя им получать конкурентные предпочтения. Сравнительные исследования адаптивных реакций системы крови болотной и красноухой черепах актуальны с учетом потенциальной экологической опасности последней как инвазивного вида.

Цель исследования – сравнительный анализ лейкоцитарного состава крови *Emys orbicularis* и *Trachemys scripta*.

#### Материал и методы

Объекты исследования: семь особей *E. orbicularis* (3 самки и 4 самца) и тринадцать особей *T. scripta* (10 самок и 3 самца) из Самарского зоопарка, где они содержались в унифицированных условиях.

Исследования осуществляли в соответствии с «Международными руководящими принципами для биомедицинских исследований на животных» [23]. Кровь получали из хвостовой вены черепах и готовили по два мазка от каждой особи. Окраску по Романовскому проводили в течение 20 минут. Дифференцированный подсчет лейкоцитов осуществляли на микроскопе Meiji Techno, Япония, серии МТ 4000 с иммерсией (ув.  $\times 1500$ ). Выделяли следующие типы лейкоцитарных клеток (в %): гранулоциты (гетерофилы, базофилы, эозинофилы) и агранулоциты (моноциты, лимфоциты) [24–26]. Цифровые изображения клеток крови выполнили камерой Vision CAM.

По результатам лейкограммы рассчитывали интегральные индексы: индекс сдвига лейкоцитов, ИСЛ; индекс соотношения лимфоцитов и эозинофилов, ИСЛЭ; индекс соотношения гетерофилов и эозинофилов, ИСГЭ; лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс, ИЛГ; индекс соотношения гетерофилов и лимфоцитов, ИСГЛ.

По внешним морфологическим признакам определяли пол взрослых черепах и проводили измерение длины карапакса (в мм) по его прямой средней линии от переднего края загривкового щитка до заднего конца шва между надхвостовыми щитками.

Полученные данные проверяли критериями согласия на соответствие нормальному распределению. Центральные тенденции и рассеяние показателей

описывали медианой (Me) и интерквартильным размахом (IQR). Многофакторным анализом с применением лямбды Уилкса ( $\lambda$ Wilks) оценивали влияние факторов на лейкоцитарные показатели;  $r$ -значения рассчитывали способом рандомизации с использованием перестановочной процедуры [27; 28]. В пакете прикладных программ «Rstudio» использовали критерии: Краскела–Уоллиса (H) (при множественном сравнении независимых групп по одному признаку), Данна (D) (при попарном сравнении групп), Манна–Уитни (u) (при сравнении двух групп). За величину статистической значимости принимали  $\alpha = 0,05$ .

#### Результаты исследований

##### и их обсуждение

Длина карапакса самок ( $186,66 \pm 20,88$  мм) и самцов ( $149,75 \pm 8,65$  мм) болотной черепахи, а также средняя длина карапакса самок ( $175,00 \pm 6,12$  мм) и самцов ( $143,33 \pm 3,73$  мм) красноухой черепахи значимо не различались ( $H = 6,58$ ,  $p = 0,08$ ).

С учетом анализа сведений литературы [29–32] и собственных данных [21, с. 32], в приготовленных мазках крови красноухой *T. scripta* (рис. 1) и болотной *E. orbicularis* (рис. 2) черепах была проведена дифференцировка следующих клеток: среди гранулоцитов выделяли гетерофилы, эозинофилы и базофилы, среди агранулоцитов – моноциты и лимфоциты.

Лейкоцитарный профиль крови обоих видов характеризовался преобладанием незернистых лейкоцитов, составляющих 47–52% от всех лейкоцитов. По суммарному содержанию в периферической крови гранулоцитов и агранулоцитов статистически значимых половых различий у изученных видов черепах не выявлено. Лейкограммы самцов и самок внутри выборки красноухой черепахи были схожими (табл. 1).

Напротив, лейкоцитарные показатели самцов болотной черепахи отличались от самок повышенным содержанием базофилов (табл. 2).

Следует отметить, что в эритроцитах болотной черепахи были обнаружены трофозоиты гемопаразита *Haemogregarina* spp. [33, p. 24; 34, p. 4501; 35, p. 447; 36, с. 80] (рис. 3), и повышенное содержание базофилов в мазках крови самцов болотной черепахи может быть связано со специфической реакцией организма на кровепаразитарную инвазию. Известно, что при дополнительном поступлении в организм антигена происходит активация антиген-специфических рецепторов, локализованных на мембране базофилов, что приводит к дегрануляции и выбросу гистамина [37, p. 359].

Выявлены статистически значимые межвидовые половые различия в количестве гранулоцитов, в отличие от агранулоцитов, доля которых у обоих видов была одинаковой. При этом самцы и самки болотной черепахи имели повышенное содержание в крови гетерофилов, а самки дополнительно и более низкое количество базофилов, по сравнению с красноухой черепахой (табл. 3).

Общая реактивность организма при адаптации к любым внешним воздействиям, включая сезонные изменения, загрязнение среды обитания, а также в условиях неволи отражается на параметрах кровеносной системы. При этом дополнительную информацию о состоянии иммунного ответа организма дают гематологические интегральные индексы, показывающие взаимоотношения между различными типами иммунокомпетентных клеток. Интегральные индек-

сы не только конкретизируют воздействие экологических факторов на разные уровни иммунитета, но и являются альтернативой сложным иммунохимическим исследованиям [38, р. 357; 39, р. 1384; 40, р. 763].

Отсутствие половых межвидовых различий в значениях лейкоцитарных индексов *ИСЛ* и *ИЛГ* свидетельствует о завершенных иммунных реакциях и сопоставимом уровне иммунологической реактивности организма обоих видов. В то же время значимые различия показателей *ИСГЭ* и *ИСГЛ* за счет вклада гетерофилов показывают более активную составляющую неспецифической естественной резистентности организма самок болотной черепахи по сравнению с самцами ( $z = 3,82, p = 0,01$ ) и самками ( $z = 5,32, p < 0,001$ ) красноухой черепахи.

Многофакторный анализ выявил значимое влияние на лейкоцитарный профиль таких факторов, как вид ( $\lambda Wilks = 0,773, p = 0,001$ ), пол ( $\lambda Wilks = 0,460, p = 0,001$ ) и их взаимодействия ( $\lambda Wilks = 0,00012, p = 0,001$ ).

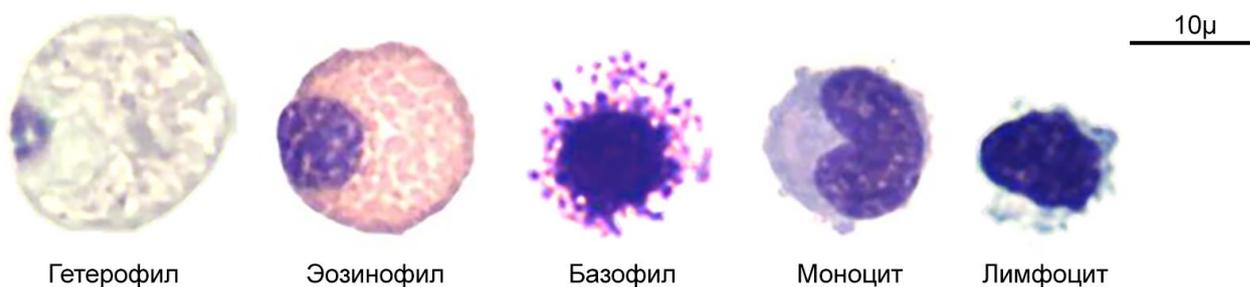
Показателен результат сравнительного анализа обобщенных лейкограмм самцов и самок черепах, иллюстрирующий отсутствие различий по количеству в крови обоих видов агранулоцитов, на фоне преобладания в крови красноухой черепахи эозинофилов и базофилов, а в крови болотной – гетерофилов (табл. 4).

Повышенное значение индекса соотношения гетерофилов и лимфоцитов (*ИСГЛ*) ( $u = 1271,50; p < 0,0001$ ), определяемого как показатель стресса [40, р. 762], и более низкое содержание в крови эозинофилов ( $u = 387,00; p = 0,0008$ ) показывают, что болотная черепаха фактически испытывает большее внешнее воздействие и больший стресс, чем красноухая.

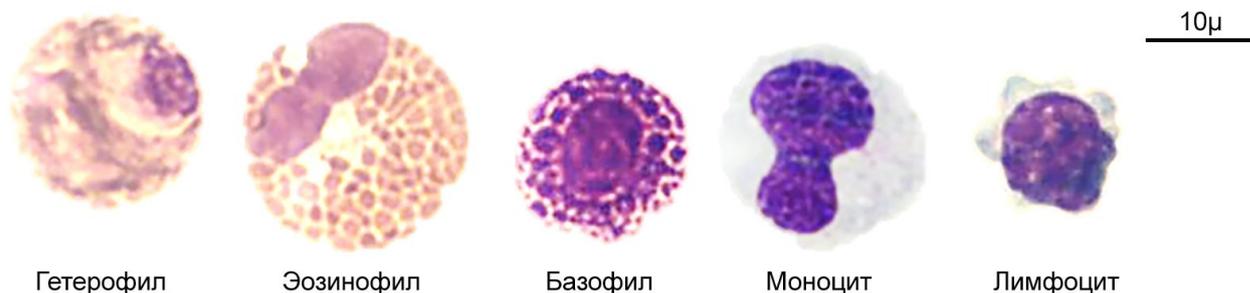
При оценке взаимосвязи изученных количественных показателей установлена умеренная положительная корреляция длины карапакса самок красноухой черепахи и содержания в крови лимфоцитов ( $r = 0,64, p = 0,042$ ), что иллюстрировало возраста-

ние роли адаптивного иммунитета при онтогенезе, на фоне снижения неспецифической естественной резистентности организма. Уравнение регрессии, описывающее линейную зависимость между длиной карапакса и индексом *ИСГЛ*, имело вид:  $y = 0,847 - 0,003x$  ( $r = -0,73, p = 0,01, R^2 = 0,53$ ) и позволяло объяснить дисперсию соотношения в крови гетерофилов/лимфоцитов приблизительно на 53% (показатель детерминации) дисперсией размера тела черепах. Снижение индекса *ИСГЛ* с увеличением размера панциря самок красноухой черепахи можно считать показателем более высокой устойчивости к стрессу (рис. 4). Зависимость лейкоцитарного профиля от линейных размеров тела у самцов красноухой черепахи, а также у самцов и самок болотной черепахи не выявлена.

Подводя итог проведенным исследованиям, следует отметить, что виды адаптации двух видов полуводных черепах к условиям неволи имеют существенные различия. Поддержание иммунологической реактивности организма разных видов определялось перераспределением соотношения пула гранулоцитов, что наглядно подтверждалось отсутствием различий в значении интегральных индексов *ИСЛ* и *ИЛГ*, отражающих сбалансированность адаптационных механизмов организма к комплексу факторов среды. С увеличением размеров тела отмечено возрастание относительного содержания лимфоцитов в крови самок красноухой черепахи и повышение их стрессоустойчивости, тогда как у болотной черепахи подобной специфической реакции иммунитета не наблюдалось. Можно полагать, что природным популяциям *E. orbicularis* потенциально угрожает присутствие *T. scripta* не только в силу морфологических и экологических особенностей, но и вследствие видоспецифической адаптивной реакции системы крови, что существенно обособляет ее от аборигенного вида и дает конкурентные преимущества.



**Рисунок 1** – Лейкоцитарные клетки крови *Trachemys scripta*



**Рисунок 2** – Лейкоцитарные клетки крови *Emys orbicularis*

**Таблица 1** – Сравнение лейкоцитарного состава крови самцов и самок *Trachemys scripta*

Показатель лейкограммы	Пол				Статистические показатели	
	самцы		самки			
	Me	IQR	Me	IQR	критерий Манна–Уитни, u	уровень значимости, p
Лейкоцитарная формула						
Гетерофилы, %	10,00	7,25	10,00	7,00	206,50	0,546
Эозинофилы, %	19,50	7,75	18,00	8,00	165,50	0,130
Базофилы, %	23,50	8,50	21,00	10,00	228,00	0,903
Моноциты, %	5,50	4,25	6,00	4,00	191,00	0,342
Лимфоциты, %	41,00	7,00	46,00	9,50	157,50	0,091
Общее количество клеток						
Гранулоциты, %	52,00	10,00	46,00	9,50	314,00	0,077
Агранулоциты, %	48,00	10,00	53,00	9,50	156,00	0,085
Интегральные индексы						
ИСЛ, отн. ед.	1,083	0,425	0,885	0,351	155,500	0,083
ИСЛЭ, отн. ед.	2,278	1,211	2,737	1,677	313,500	0,080
ИСГЭ, отн. ед.	0,646	0,472	0,625	0,477	249,500	0,739
ИЛГ, отн. ед.	8,205	3,029	9,545	3,873	312,500	0,083
ИСГЛ, отн. ед.	0,239	0,185	0,200	0,197	197,500	0,424

Примечание. Me – медиана, IQR – интерквартильный размах.

**Таблица 2** – Сравнение лейкоцитарного состава крови самцов и самок *Emys orbicularis*

Показатель лейкограммы	Пол				Статистические показатели	
	самцы		самки			
	Me	IQR	Me	IQR	критерий Манна–Уитни, u	уровень значимости, p
Лейкоцитарная формула						
Гетерофилы, %	18,00	7,00	20,50	12,00	135,50	0,068
Эозинофилы, %	13,00	13,50	12,50	3,50	91,00	0,834
Базофилы, %	18,00	11,25	10,50	3,00	<b>41,00</b>	<b>0,011</b>
Моноциты, %	6,00	4,25	4,50	6,50	109,50	0,542
Лимфоциты, %	44,50	9,00	47,00	8,00	73,50	0,305
Общее количество клеток						
Гранулоциты, %	49,50	8,00	48,50	10,50	116,00	0,364
Агранулоциты, %	50,50	7,75	51,50	10,50	78,00	0,415
Интегральные индексы						
ИСЛ, отн. ед.	0,980	0,334	0,942	0,392	76,00	0,364
ИСЛЭ, отн. ед.	3,00	4,967	3,595	1,400	113,00	0,444
ИСГЭ, отн. ед.	1,381	1,791	1,432	1,158	115,00	0,390
ИЛГ, отн. ед.	8,824	3,857	9,896	3,025	122,50	0,227
ИСГЛ, отн. ед.	0,415	0,123	0,434	0,305	113,00	0,444

Примечание. Me – медиана, IQR – интерквартильный размах. Статистически значимые различия выделены жирным шрифтом.



**Рисунок 3** – Микрофотография трофозита гемопаразита *Haemogregarina* sp.

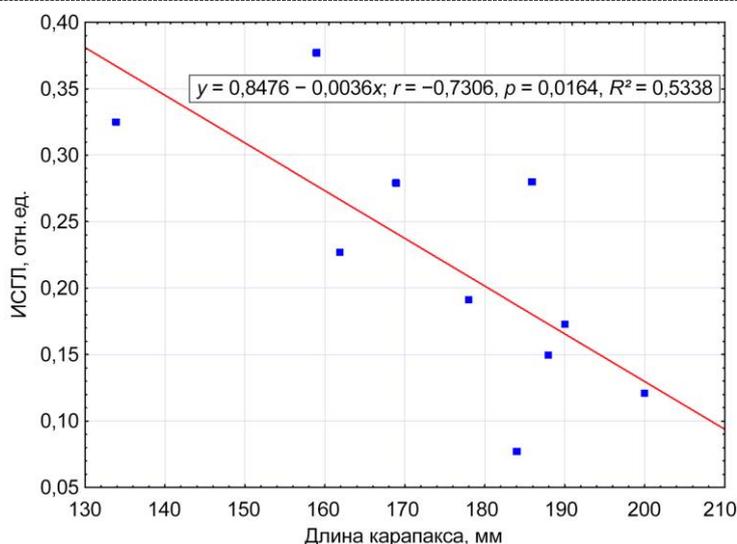
**Таблица 3** – Сравнение лейкоцитарного состава крови самцов *Trachemys scripta* и *Emys orbicularis*, самок *T. scripta* и *E. orbicularis*

Показатель лейкограммы	N	p	Самцы		Самки	
			z	p	z	p
Лейкоцитарная формула						
Гетерофилы	<b>40,04</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>3,82</b>	<b>0,01</b>	<b>5,32</b>	<b>&lt;0,001</b>
Эозинофилы	<b>9,41</b>	<b>0,02</b>	2,18	0,17	1,95	0,30
Базофилы	<b>17,43</b>	<b>0,0006</b>	0,98	1,00	<b>4,03</b>	<b>0,0003</b>
Моноциты	1,49	0,68	0,88	1,00	0,75	1,00
Лимфоциты	4,12	0,24	0,56	1,00	0,21	1,00
Общее количество клеток						
Гранулоциты	4,62	0,20	0,41	1,00	0,17	1,00
Агранулоциты	4,40	0,22	0,51	1,00	0,17	1,00
Интегральные индексы						
ИСЛ, отн. ед.	4,55	0,20	0,45	1,00	0,16	1,00
ИСЛЭ, отн. ед.	<b>8,61</b>	<b>0,03</b>	2,00	0,27	1,83	0,40
ИСГЭ, отн. ед.	<b>31,90</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>3,41</b>	<b>0,0037</b>	<b>4,32</b>	<b>&lt;0,001</b>
ИЛГ, отн. ед.	4,69	0,19	0,49	1,00	0,08	1,00
ИСГЛ, отн. ед.	<b>33,93</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>2,85</b>	<b>0,025</b>	<b>4,61</b>	<b>&lt;0,001</b>

Примечание. N – критерий Краскела–Уоллиса, z – критерий Данна, p – уровень значимости. Статистически значимые различия выделены жирным шрифтом.

**Таблица 4** – Сравнение лейкоцитарного состава крови *Trachemys scripta* и *Emys orbicularis*

Показатель лейкограммы	<i>T. scripta</i>		<i>E. orbicularis</i>		Статистические показатели	
	Me	IQR	Me	IQR	критерий Манна–Уитни, u	уровень значимости, p
Лейкоцитарная формула						
Гетерофилы, %	10,00	9,00	19,00	6,750	<b>1319,00</b>	<b>&lt;0,0001</b>
Эозинофилы, %	18,00	7,00	13,00	10,50	<b>474,50</b>	<b>0,014</b>
Базофилы, %	21,00	10,00	14,50	10,00	<b>387,00</b>	<b>0,0008</b>
Моноциты, %	6,00	4,00	5,00	4,50	716,50	0,984
Лимфоциты, %	45,00	10,00	45,00	9,25	728,50	0,886
Общее количество клеток						
Гранулоциты, %	48,00	9,50	49,00	11,00	657,00	0,565
Агранулоциты, %	52,00	9,50	51,00	11,00	760,00	0,641
Интегральные индексы						
ИСЛ, отн. ед.	0,923	0,365	0,961	0,42	766,00	0,597
ИСЛЭ, отн. ед.	2,636	1,677	3,282	2,858	<b>925,00</b>	<b>0,031</b>
ИСГЭ, отн. ед.	0,625	0,512	1,413	1,575	<b>1260,50</b>	<b>&lt;0,0001</b>
ИЛГ, отн. ед.	9,20	3,748	9,09	3,327	681,00	0,739
ИСГЛ, отн. ед.	0,217	0,209	0,424	0,263	<b>1271,50</b>	<b>&lt;0,0001</b>



**Рисунок 4** – Зависимость интегрального показателя ИСГЛ от длины карапакса у самок *Trachemys scripta*

### Выводы

1. Количественные изменения в лейкоцитарных показателях болотной и красноухой черепаха затрагивали гранулоциты (число гетерофилов, базофилов и эозинофилов) в отличие от агранулоцитов, доля которых у обоих видов была одинаковой. Самцы болотной черепахи отличались от самцов красноухой черепахи повышенным содержанием в крови гетерофилов, самки от самок – повышенным содержанием гетерофилов и более низким содержанием базофилов.

2. Установлено влияние пола ( $\lambda$ Wilks = 0,460,  $p = 0,001$ ), вида ( $\lambda$ Wilks = 0,773,  $p = 0,001$ ) и их взаимодействия ( $\lambda$ Wilks = 0,00012,  $p = 0,001$ ) на лейкоцитарный профиль крови черепах.

3. Повышенное значение соотношения гетерофилов к лимфоцитам и низкое содержание эозинофилов в крови свидетельствовали о развитии стрессовой реакции у болотной черепахи в условиях террариумного содержания.

4. Выявлена зависимость между морфометрическими и гематологическими показателями, иллюстрирующая возрастание роли адаптивного иммунитета и повышение стрессоустойчивости самок красноухой черепахи по мере увеличения размеров тела.

### Благодарности

Авторы выражают признательность сотрудникам Самарского зоопарка А.М. Балтушко, Н.А. Березину, Д.А. Казандаеву, А.Е. Кузовенко и А.А. Маряшину за организацию условий для забора крови у рептилий.

### Список литературы:

1. *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) [Internet] // The Reptile Database / eds. P. Uetz, P. Freed, R. Aguilar, J. Hošek. <https://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Emys&species=orbicularis>.

2. *Emys orbicularis* [Internet] // The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/species/7717/97292665>.

3. Cadi A., Joly P. Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) // Biodiversity and Conservation. 2004. Vol. 13. P. 2511–2518.

4. Pupins M. First report on recording of the invasive species *Trachemys scripta elegans*, a potential competitor of *Emys orbicularis* in Latvia // Acta Universitatis Latviensis. 2007. Vol. 723. P. 37–46.

5. Семенов Д.В. Красноухая черепаха, *Trachemys scripta elegans*, как инвазивная угроза (Reptilia, Testudines) // Российский журнал биологических инвазий. 2009. № 1. С. 36–44.

6. Ильяхов М.П. Красноухая черепаха *Trachemys scripta* – новый вид герпетофауны Ставропольского края // Наука. Инновации. Технологии. 2015. № 1. С. 122–126.

7. Кукушкин О.В., Доронин И.В., Туниев Б.С., Ананьева Н.Б., Доронина М.А. Интродукция земноводных и пресмыкающихся на Кавказе и в Крыму: общий обзор и некоторые факты // Современная герпетология. 2017. Т. 17, вып. 3/4. С. 157–197. DOI: 10.18500/1814-6090-2017-17-3-4-157-197.

8. Nekrasova O.O., Marushchak O., Pupins M., Skute A., Tytar V., Ceirans A. Distribution and potential limiting factors of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in Eastern Europe // Diversity. 2021. Vol. 13, iss. 7. DOI: 10.3390/d13070280.

9. Мартынов В.В., Никулина Т.В. Красноухая пресноводная черепаха *Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1839) – новый вид в герпетофауне Донбасса // Организмы, популяции и сообщества в трансформирующейся среде: сб. мат-лов XVII междунар. науч. экологической конф. (г. Белгород, 22–24 ноября 2022 г.) / под ред.

Ю.А. Присного. Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2022. С. 114–118.

10. Cadi A., Joly P. Competition for basking places between the endangered European pond turtle (*Emys orbicularis galloitalica*) and the introduced red-eared turtle (*Trachemys scripta elegans*) // Canadian Journal of Zoology. 2003. Vol. 81, № 8. P. 1392–1398. DOI: 10.1139/z03-108.

11. Macchi S., Balzarini L.L.M., Scali S., Martinoli A., Tosi G. Spatial competition for basking sites between the exotic slider *Trachemys scripta* and the European pond turtle *Emys orbicularis* // Herpetologia Sardiniae. 2008. Vol. 8. P. 338–340.

12. Jablonski D., Mrocek J., Grula D., Christophoryova J. Attempting courtship between *Emys orbicularis* and *Trachemys scripta* (Testudines: Emydidae) // Herpetology Notes. 2017. Vol. 10. P. 123–126.

13. Ernst C.H., Lovich J.E., Barbour R.W. Turtles of the United States and Canada. Washington; London: Smithsonian Institution Press, 1994. 578 p.

14. Uğurtaş I.H., Sevinç M., Yildirimhan H.S. Erythrocyte size and morphology of some tortoises and turtles from Turkey // Zoological Studies. 2003. Vol. 42, № 1. P. 173–178.

15. Metin K., Türkozan O., Kargin F., Koca Y.B., Tas-kavak E., Koca S. Blood cell morphology and plasma biochemistry of the captive European pond turtle *Emys orbicularis* // Acta Veterinaria Brno. 2006. Vol. 75, iss. 1. P. 49–55. DOI: 10.2754/avb200675010049.

16. Colagar H., Jafari N. Red blood cell morphology and plasma proteins electrophoresis of the European pond terrapin *Emys orbicularis* // African Journal of Biotechnology. 2007. Vol. 6, № 13. P. 1578–1581.

17. Arıkan H., Cicek K. Morphology of peripheral blood cells from various species of Turkish herpetofauna // Acta Herpetologica. 2010. Vol. 5, № 2. P. 179–198. DOI: 10.13128/acta\_herpetol-9032.

18. Javanbakht H., Vaissi S., Parto P. The morphological characterization of the blood cells in the three species of turtle and tortoise in Iran // Research in Zoology. 2013. Vol. 3, № 1. P. 38–44.

19. Байрамбекова С.А., Абдурахманова П.П., Магомедкамилова Р.И. Кислотная и осмотическая устойчивость эритроцитов крови различных популяций болотной черепахи (*Emys orbicularis*) Дагестана // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 2 (2). С. 220–223.

20. Hernandez J.D., Castro P., Saavedra P., Ramirez P., Oros J. Morphologic and cytochemical characteristics of the blood cells of the yellow-bellied slider (*Trachemys scripta scripta*) // Anatomia, Histologia, Embryologia. 2017. Vol. 46, iss. 5. P. 446–455. DOI: 10.1111/ah.e.12289.

21. Романова Е.Б., Столярова И.А., Бакиев А.Г., Горелов Р.А. Сравнительный лейкоцитарный профиль крови *Emys orbicularis* (Reptilia: Emydidae) из двух популяций // Современная герпетология. 2021. Т. 21, вып. 1/2. С. 30–42. DOI: 10.18500/1814-6090-2021-21-1-2-30-42.

22. Leineweber C., Stöhr A.C., Öfner S., Mathes K., Marschang R.E. Hematological values of red-eared sliders (*Trachemys scripta elegans*) in fall // Journal of Herpetological Medicine and Surgery. 2023. Vol. 33, № 1. P. 35–39. DOI: 10.5818/jhms-d-22-00030.

23. International guiding principles for biomedical research involving animals [Internet] // [https://grants.nih.gov/grants/olaw/guiding\\_principles\\_2012.pdf](https://grants.nih.gov/grants/olaw/guiding_principles_2012.pdf).

24. 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, iss. 9. P. 1645–1651.

25. Соколина Ф.М., Павлов А.В., Юсупов Р.Х. Гематология пресмыкающихся: метод. пособие. Казань: Казанский государственный университет, 1997. 31 с.

26. Хайрутдинов И.З., Соколина Ф.М. Характеристика крови рептилий и ее связь с условиями обитания:

учеб.-метод. пособие. Казань: Казанский университет, 2010. 44 с.

27. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. Тольятти: Кассандра, 2014. 314 с.

28. Якимов В.Н. Основы анализа биомедицинских и экологических данных в среде R. Ч. 2: учеб. пособие. Нижний Новгород: Нижегородский гос. ун-т, 2019. 168 с.

29. Павлов А.В. Ключевые моменты гематологии рептилий: особенности оценки лейкоцитарной части крови // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2019. № 1 (25). С. 138–152.

30. Wood F.E., Ebanks G.K. Blood cytology and hematology of the green sea turtle, *Chelonia mydas* // Herpetologica. 1984. Vol. 40. P. 331–336.

31. Samour J.H., Howlett J.C., Silvanose C., Hasbun C.R., Al-Ghais S.M. Normal haematology of free-living green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the United Arab Emirates // Comparative Haematology International. 1998. Vol. 8, № 2. P. 102–107.

32. Dash I. Microscopical analyses on characterization of peripheral blood cells of Western Pond turtle (*Actinemys marmorata*) (Baird and Girard, 1852) // Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences. 2021. Vol. 9, № 1. P. 25–30.

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

34. Soares P., de Brito E.S., Paiva F., Pavan D., Viana L.A. *Haemogregarina* spp. in a wild population from *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 in the Brazilian Ama-

zonias // Parasitology Research. 2014. Vol. 113. P. 4499–4503. DOI: 10.1007/s00436-014-4139-7.

35. Özvegy J., Marinković D., Vučićević M., Gajić B., Stevanović J., Krnjaić D., Aleksić-Kovačević S. Cytological and molecular identification of *Haemogregarina stepanowi* in blood samples of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) from quarantine at Belgrade Zoo // Acta Veterinaria. 2015. Vol. 65, iss. 4. P. 443–453.

36. Романова Е.Б., Столярова И.А., Бакиев А.Г., Горелов Р.А. Популяционно-экологические аспекты адаптивных реакций системы крови *Emys orbicularis* (Reptilia: Emydidae) при инвазии // Принципы экологии. 2022. № 4 (46). С. 76–91. DOI: 10.15393/j1.art.2022.12862.

37. Sypek J.P. Anti-immunoglobulin induced histamine release from naturally abundant basophils in the snapping turtle, *Chelydra serpentina* // Developmental & Comparative Immunology. 1984. Vol. 8, iss. 2. P. 359–366. DOI: 10.1016/0145-305x(84)90042-9.

38. Case B.C., Lewbart G.A., Doerr P.D. The physiological and behavioural impacts of and preference for an enriched environment in the eastern box turtle (*Terrapene carolina carolina*) // Applied Animal Behaviour Science. 2005. Vol. 92, iss. 4. P. 353–365. DOI: 10.1016/j.applanim.2004.11.011.

39. Chen X., Niu C., Pu L. Effects of stocking density on growth and non-specific immune responses in juvenile soft-shelled turtle, *Pelodiscus sinensis* // Aquaculture Research. 2007. Vol. 38, iss. 13. P. 1380–1386. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01813.x.

40. Davis A.K., Maney D.L., Maerz J.C. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: A review for ecologists // Functional Ecology. 2008. Vol. 22, iss. 5. P. 760–772. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p><b>Романова Елена Борисовна</b>, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: romanova@ibbm.unn.ru.</p> <p><b>Столярова Ирина Александровна</b>, магистрант кафедры экологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: irinaisto75@gmail.com.</p> <p><b>Бакиев Андрей Геннадьевич</b>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоразнообразия; Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (г. Тольятти, Самарская область, Российская Федерация). E-mail: herpetology@list.ru.</p> <p><b>Горелов Роман Андреевич</b>, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории биоразнообразия; Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (г. Тольятти, Самарская область, Российская Федерация). E-mail: gorelov.roman@mail.ru.</p>	<p><b>Romanova Elena Borisovna</b>, doctor of biological sciences, professor of Ecology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: romanova@ibbm.unn.ru.</p> <p><b>Stolyarova Irina Aleksandrovna</b>, master student of Ecology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: irinaisto75@gmail.com.</p> <p><b>Bakiev Andrey Gennadievich</b>, candidate of biological sciences, senior researcher of Biodiversity Laboratory; Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – Branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Togliatti, Samara Region, Russian Federation). E-mail: herpetology@list.ru.</p> <p><b>Gorelov Roman Andreevich</b>, candidate of biological sciences, junior researcher of Biodiversity Laboratory; Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – Branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Togliatti, Samara Region, Russian Federation). E-mail: gorelov.roman@mail.ru.</p>

**Для цитирования:**

Романова Е.Б., Столярова И.А., Бакиев А.Г., Горелов Р.А. К вопросу об адаптивных реакциях системы крови черепаха *Emys orbicularis* и *Trachemys scripta* (Emydidae) // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 3. С. 105–111. DOI: 10.55355/snv2023123114.