

Влияние факторов окружающей среды на параметры красной крови животных семейства Псовые (Canidae) (обзор)

© 2026. Ю. А. Березина¹, к. вет. н., с. н. с.,
 О. Ю. Беспятых^{1,2}, д. б. н., в. н. с., зав. кафедрой,
 А. С. Сюткина¹, к. вет. н., с. н. с.,
 И. А. Домский¹, член-корреспондент РАН, научный руководитель института,
 В. В. Ширяев¹, д. б. н., в. н. с.,

¹Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова, 610000, Россия, г. Киров, ул. Преображенская, д. 79,

²Вятский государственный университет, 610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,
 e-mail: uliya180775@bk.ru

Обзор посвящён влиянию различных факторов окружающей среды на параметры красной крови животных семейства Псовые (Canidae). В качестве модельных видов рассмотрены енотовидная и домашняя собака, лисица, песец и гривистый волк. Экологические условия могут существенно влиять на состав крови, обуславливая физиологические реакции организма. Значительную роль в адаптации животных к окружающей среде выполняют сезонные изменения параметров красной крови. В зимний период, по сравнению с летним, происходит увеличение уровня гематокрита, гемоглобина и количества эритроцитов у животных, что обусловлено уменьшением общего объёма крови у животных в холодное время года, когда потребление воды ограничено. У диких животных большинство параметров красной крови выше, чем у одомашненных. К уменьшению содержания эритроцитов и гемоглобина приводит заражение животных паразитами. Степень изменений параметров красной крови зависит от типа паразита и тяжести заболевания. Загрязнение окружающей среды выхлопными газами автомобилей приводит к снижению содержания эритроцитов, гемоглобина и гематокрита. Длительное воздействие этих веществ может привести к анемии, нарушению функции тромбоцитов и другим серьёзным заболеваниям. Радиоактивное излучение также способствует развитию анемии, причём это происходит уже через 2 недели после воздействия радиоактивного загрязнения. Пограничные зоны и агроландшафты характеризуются высокой экологической нагрузкой, включая паразитарное давление и контакты с домашними животными, что может вызывать физиологические сдвиги в организме. Способность организма животных к адаптации и сохранению гомеостаза играет ключевую роль в поддержании их здоровья в условиях изменяющейся окружающей среды. Показано, что параметры красной крови животных семейства Псовые являются надёжными индикаторами в методах диагностики, лечения и прогнозирования заболеваний животных. Их изменения свидетельствуют о развитии патофизиологических реакций. Параметры красной крови животных семейства Псовые изменяются под воздействием условий окружающей среды, поэтому ПКК можно использовать в качестве индикаторов для оценки физиологического статуса животных и оценки изменений окружающей среды.

Ключевые слова: окружающая среда, адаптация организма, параметры красной крови, Псовые.

Environmental effect on Canidae's red blood parameters: a review

© 2026. Yu. A. Berezina¹ ORCID: 0000-0001-5082-716X^{*}
 O. Yu. Bespyatykh^{1,2} ORCID: 0000-0002-4539-7385^{*}
 A. S. Syutkina¹ ORCID: 0000-0003-3234-8602^{*}
 I. A. Domskey¹ ORCID: 0000-0003-1633-1341^{*}
 V. V. Shiryayev¹ ORCID: 0000-0002-4549-5727^{*}

¹Research Institute of Game Management and Fur Farming (VNIIOZ) named after prof. B.M. Zhitkov, 79, Preobrazhenskaya St., Kirov, Russia, 610000

²Vyatka State University, 36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,
 e-mail: uliya180775@bk.ru

The review is devoted to the environmental effect on the red blood parameters (RBPs) of canine animals. Environmental conditions can significantly affect the blood composition, causing the physiological reactions of the body. Seasonal changes in RBPs play a significant role in the adaptation of animals to the environment. In winter, compared with summer, there is an increase in the level of hematocrit, hemoglobin and the number of red blood cells in animals, due to a decrease in the total blood volume in animals during the cold season, when water consumption is limited. Most of the RBPs are higher in wild animals than those of domesticated animals. Infection of animals with parasites decreases the content of red blood cells and hemoglobin. The degree of changes in RBPs depends on the type of parasite and the severity of the disease. Environmental pollution with car exhaust fumes leads to a decrease in the content of red blood cells, hemoglobin and hematocrit. Prolonged exposure to these substances can lead to anemia, platelet dysfunction, and other serious diseases. Radiation also contributes to anemia, and this occurs as early as 2 weeks after radioactive exposure. Border zones and agricultural landscapes are characterized by high environmental stress, including parasitic pressure and contact with pets, which can cause physiological changes in the body. The ability of animals to adapt and maintain homeostasis plays a key role in maintaining their health in a changing environment. It is shown that the RBPs in canine animals are reliable indicators in the methods of diagnosis, treatment and prediction of animal diseases. RBPs' changes indicate pathophysiological reactions. Canidae RBPs change under the environmental effect, so RBPs can be used as indicators to assess the environmental changes and physiological status of animals.

Keywords: environment, body adaptation, red blood parameters, Canidae.

В настоящее время особое внимание уделяется проблеме загрязнения окружающей среды и его воздействию на живые организмы. Промышленные выбросы, содержащие токсичные вещества, оседают в почве, воде и атмосфере, попадая в организм животных через вдыхаемый воздух, пищу и кожные покровы [1–5]. Эти загрязняющие вещества, попадая в кровь, изменяют её состав, что приводит к различным нарушениям и заболеваниям. Гематологические исследования становятся незаменимым инструментом для оценки этих изменений и мониторинга состояния животных, подвергшихся воздействию неблагоприятных факторов [6–8].

Современные исследования подтверждают, что гематологические показатели являются важными маркерами адаптационных реакций организма на факторы внешней среды, такие как загрязнение воздуха, воды и почвы, а также воздействие токсичных химических веществ, используемых в промышленности и сельском хозяйстве [9–13]. Эти факторы оказывают существенное влияние на здоровье животных, изменяя состав их крови и вызывая разнообразные патологии [14]. Изучение этих изменений позволяет не только оценивать состояние животных, но и выявлять влияние экологических стрессоров на организм [15–18].

Кровь, являясь внутренней лабильной средой организма, отражает степень адаптационных реакций к изменяющимся внешним условиям, а также служит индикатором состояния здоровья организма [19]. Её морфологические и биохимические показатели чутко реагируют на колебания факторов окружающей среды (ОС), что позволяет считать гематологические исследования важным инструментом понимания процессов адаптации [6, 20].

Параметры красной крови, такие как количество эритроцитов, содержание гемоглобина, гематокрит, являются важнейшими индикаторами здоровья животных. В нормальных условиях эти показатели крови находятся в физиологических пределах, что отражает нормальное функционирование организма [19, 21]. Однако под воздействием неблагоприятных факторов ОС происходят изменения в составе крови, что может указывать на патологические процессы. Нарушение баланса химических компонентов крови является основным принципом диагностики множества заболеваний [22–27].

Эритроциты, или красные кровяные клетки, выполняют функцию переноса кислорода к тканям [28–31]. Уровень эритроцитов непосредственно связан с транспортировкой кислорода и углекислого газа в организме животных. Следовательно, снижение количества эритроцитов приводит к снижению поступления кислорода в ткани и уровня углекислого газа, выделяемого из организма [32, 33].

Гемоглобин является металлопротеином, который переносит кислород в эритроцитах всех позвоночных [34, 35]. Он играет важную роль в транспортировке кислорода к тканям животного для окисления съеденной пищи и освобождения энергии для других функций организма. Гемоглобин также выводит углекислый газ из организма животных [32].

Объём эритроцитов, известный также как гематокрит или объёмная доля эритроцитов, указывает на процентное содержание эритроцитов в крови [20]. Высокий уровень гематокрита указывает на увеличение количества эритроцитов или снижение объёма плазмы в крови [36].

Ранее отмечалось, что объём эритроцитарной массы, гемоглобин и средний корпускулярный гемоглобин являются важными показателями для оценки эритроцитов и способности костного мозга производить их [37]. Установлено, что низкий уровень среднего корпускулярного гемоглобина и средней концентрации корпускулярного гемоглобина свидетельствует о наличии анемии [38].

Изучение приспособлений животных к условиям ОС является важной задачей современной науки. Изучение физиологических ресурсов, необходимых для нейтрализации вредных воздействий, позволяет оценить, достаточно ли у организма животных механизмов адаптации или требуется формирование новых защитных механизмов [24]. Таким образом, гематологические исследования играют важную роль не только в диагностике заболеваний, но и в оценке адаптивных возможностей организмов, подвергающихся воздействию различных экологических факторов [39].

Цель данной работы заключается в анализе мирового опыта исследования влияния различных факторов окружающей среды на параметры красной крови у животных семейства Псовые (Canidae) и оценке их адаптивных возможностей в условиях экологического стресса.

Объекты и методы исследования

Поиск информации по влиянию факторов окружающей среды на параметры красной крови животных семейства Псовые (Canidae) проводили в базах данных Scopus (<http://www.scopus.com>), Академия Google (<https://scholar.google.ru>), PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), в научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>). Для отбора публикаций применяли ключевые слова: окружающая среда, адаптация организма, параметры красной крови, животные семейства Псовые, а также ключевые слова из научных публикаций близкой тематики. Ключевые слова использовались в различных комбинациях в соответствии с правилами соответствующей базы данных. В обзоре обсуждаются и анализируются публикации ведущих отечественных и зарубежных учёных-исследователей из наиболее рейтинговых журналов и с высоким индексом цитирования. Основная часть проанализированных работ была опубликована в последние 20 лет. Анализ собранных данных представлен в соответствующих разделах обзора.

Нормальные значения показателей красной крови у самцов и самок

Нормальные значения параметров красной крови различных видов животных играют важную роль в оценке их физиологического состояния, питания и общего здоровья. Эти параметры позволяют не только оценивать текущее состояние организма, но и сравнивать его с аналогичными данными других видов, что особенно важно в ветеринарной практике и исследованиях по экологии животных [21, 40, 42]. Например, выявлено [43], что у енотовидных собак (*Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834) и лисиц (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758) наблюдаются сходные значения эритроцитов (RBC) и гемоглобина (Hb), что может свидетельствовать об их схожем уровне физиологической адаптации к условиям среды. Так, количество эритроцитов было зафиксировано у енотовидных собак на уровне $(7,5-7,7) \cdot 10^{12}/л$ и у лисиц – $(8,6-8,9) \cdot 10^{12}/л$. В свою очередь, уровень гемоглобина составил 140,2–140,8 и 139,7–140,3 г/л, соответственно. Достоверных различий между показателями самцов и самок в представленных исследованиях не выявлено (табл.).

Подтверждены вышеуказанные тенденции и для енотовидных собак, у которых диапазоны гематологических показателей взрослых особей: эритроциты – $7,80-8,14 \cdot 10^{12}/л$, гемоглобин – 162–171 г/л (табл.) [44]. С вышеприведёнными сведениями согласуются исследования [45], которые представили результаты для серебристо-чёрных лисиц, указав среднее значение RBC $9,3 \cdot 10^{12}/л$. Гемоглобин у этих животных достигал 160 г/л, что является показателем хорошего уровня кислородного обмена в организме.

Подобные результаты наблюдались и у самок песца (*Vulpes lagopus* Linnaeus, 1758). Согласно исследованию [46], эритроциты в крови песца варьировали в пределах от 8,56 до $9,18 \cdot 10^{12}/л$, а уровень гемоглобина – от 153 до 165 г/л, что подчёркивает возрастные колебания этих показателей (табл.). Эти различия могут быть обусловлены не только физиологическими особенностями вида, но и условиями содержания, возрастом и внешними факторами, такими как сезонные изменения.

Влияние сезона года на параметры красной крови

Сезонные изменения физиологических параметров также играют значительную роль

Таблица / Table

Параметры красной крови у животных семейства Псовые (Canidae) / Red blood parameters in Canidae

Вид животного Species	Влияющий фактор Affecting factor	Эритроциты (RBC), · 10 ¹² /л Red blood cells (RBC), · 10 ¹² /L	Гемоглобин (Hb), г/л Hemoglobin (Hb), g/L	Гематокрит (HCT), % Hematocrit (HCT), %	Источник Reference
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	самец / male	7,71 ± 0,97	142,8 ± 21,2	47,0 ± 6,0	[43]
	самка / female	7,51 ± 1,00	140,2 ± 19,7	46,0 ± 7,0	
	самец / male	8,14 ± 0,49	170,6 ± 9,34	56,3 ± 4,1	[44]
	самка / female	7,80 ± 0,19	162,0 ± 1,9	53,4 ± 1,0	
<i>Vulpes vulpes</i>	самец / male	8,60 ± 0,68	140,3 ± 11,0	47,0 ± 4,0	[43]
	самка / female	8,94 ± 0,82	139,7 ± 14,5	48,0 ± 5,0	
<i>Vulpes lagopus</i>		9,3	160	–	[45]
	самка / female	8,56 ± 0,24	154,0 ± 5,3	48,0 ± 2,0	[46]
Сезон года / Season					
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	весна / spring	–	103	31,6	[47]
	осень / autumn	–	120	36,4	
Способ разведения / Breeding method					
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	клеточное разведение breeding on the farm	7,09 ± 0,41	131,2 ± 9,2	0,41 ± 0,02	[49]
	дикая / wild	7,14 ± 0,96	132,0 ± 21,7	0,39 ± 0,06	
	клеточное разведение breeding on the farm	7,09 ± 0,41	101,2 ± 4,6	0,50 ± 0,03	
<i>Vulpes vulpes</i>	дикая / wild	7,14 ± 0,96	81,1 ± 21,7	0,34 ± 0,14	
	Паразитарная инвазия / Parasitic invasion				
<i>Canis lupus familiaris</i>	здоровые / healthy	7,06 ± 0,21 ^{abc}	105,4 ± 0,23 ^{abc}	46,55 ± 2,82 ^{abc}	[52]
	инвазированные <i>B. canis</i> invaded <i>B. canis</i>	5,05 ± 0,15 ^a	74,9 ± 0,21 ^a	22,48 ± 1,94 ^a	
	инвазированные <i>D. repens</i> infested <i>D. repens</i>	6,16 ± 0,38 ^b	81,8 ± 0,54 ^b	37,65 ± 5,09 ^b	
	коинфекции <i>B. canis</i> и <i>D. repens</i> / <i>B. canis</i> and <i>D. repens</i> coinfections	5,77 ± 0,50 ^c	86,1 ± 0,71 ^c	36,14 ± 6,66 ^c	

Вид животного Species	Влияющий фактор Affecting factor	Эритроциты (RBC), · 10 ¹² /л Red blood cells (RBC), · 10 ¹² /L	Гемоглобин (Hb), г/л Hemoglobin (Hb), g/L	Гематокрит (HCT), % Hematocrit (HCT), %	Источник Reference
<i>Canis lupus familiaris</i>	низкий уровень загрязнения / low level of pollution	6,83 ± 0,19 ^a	165,2 ± 7,8 ^a	47,20 ± 1,69 ^a	[55]
	средний уровень загрязнения / average level of pollution	6,21 ± 0,18 ^b	139,5 ± 17,6 ^b	42,26 ± 1,56 ^b	
	высокий уровень загрязнения / high level of pollution	6,56 ± 0,48 ^{ab}	162,1 ± 11,5 ^{ab}	47,70 ± 2,92 ^{ab}	
Радиоактивное излучение / Radiation					
<i>Canis lupus familiaris</i>	здоровые / healthy	6,1 ± 0,07 ^a	91,25 ± 1,40 ^a	–	[57]
	больные (на 14 день после загрязнения) / sick (on the 14th day after contamination)	3,3 ± 0,01 ^a	62,88 ± 2,48 ^a	–	
Места обитания / Habitats					
<i>Chrysocyon brachyurus</i>	внутри национального парка / inside the National Park	4,7 ± 0,1	120,2 ± 3,0	38,0 ± 1,0	[58]
	у границы национального парка / near the border of the National Park	5,0 ± 0,2	130,6 ± 4,0	40,6 ± 1,0	
	прилегающие к парку сельхозугодья / lands adjacent to the National Park	5,36 ± 0,10	141,6 ± 4,0	43,1 ± 1,5	

Примечание: ^{abc} – различия между группами статистически значимы (p ≤ 0,05). Проверка – данные отсутствуют. В таблице представлены средние значения показателей со средней арифметической ошибкой.

Note: ^{abc} – differences between the groups are statistically significant (p < 0.05). Dash – no data available. The table shows the average values of the indicators with the average arithmetic error.

в адаптации животных к ОС. В исследовании [47] отмечено, что в весенний период в крови енотовидной собаки содержалось гемоглобина 103 г/л, а в осенний – несколько выше – 120 г/л. Гематокрит у этих же животных был на уровне 31,6 и 36,4 %, соответственно (табл.). Таким образом, несмотря на значительные потери массы тела в зимний период, енотовидная собака демонстрировала высокую устойчивость к зимне-весеннему дефициту ресурсов.

Исследования серых волков (*Canis lupus* Linnaeus, 1758) в северо-восточной части Миннесоты (США) выявили сезонные циклы в гематологических показателях [48]. Уровень гематокрита, гемоглобина и количество эритроцитов у животных увеличивались с лета до зимнего максимума, а затем снова снижались к лету. Некоторые гематологические показатели значительно различались между дикими волками и волками, живущими в неволе. Также отмечены большие различия в параметрах красной крови между популяциями диких зверей.

Увеличение содержания эритроцитов и гемоглобина в крови волков в зимний период, вероятно, обусловлено уменьшением общего объёма крови у животных в этот период, когда потребление воды ограничено.

Влияние способа разведения животных на показатели красной крови

При изучении гематологического профиля некоторых видов диких и домашних пушных зверей (енотовидная собака, лисица) [49] показано, что способ разведения животных не влияет достоверно на их показатели красной крови (табл.). Например, количество эритроцитов было незначительно больше в крови диких енотовидных собак и лисиц, по сравнению с одомашненными сородичами. По уровню гематокрита наблюдали обратную ситуацию. Содержание гемоглобина было несущественно больше в крови дикой енотовидной собаки, по сравнению с енотовидной собакой клеточного разведения, а у лисиц – наоборот.

Влияние паразитарных инвазий на параметры красной крови

Климатические условия, уровень загрязнения и доступность пищевых ресурсов способствуют распространению паразитов и увеличению риска заражения ими [50]. Паразитарные инфекции оказывают значительное влияние на здоровье животных

и являются важным фактором в изменении их гематологических показателей [51].

Продемонстрировано [52], что заболевание, вызванное паразитом *Babesia canis*, приводит к значительным изменениям в гематологических показателях у собак (*Canis familiaris* Linnaeus, 1758). В этом исследовании проводилось сравнение четырёх групп животных, среди которых наибольшие отклонения в показателях крови были выявлены у собак, инвазированных *B. canis*. В частности, наблюдалось снижение количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, а также уменьшение средних значений МСН (mean concentration hemoglobin – среднее содержание гемоглобина в эритроците) и МСНС (mean corpuscular hemoglobin concentration – средняя концентрация гемоглобина в эритроците). Это указывает на выраженную анемию у животных, вызванную разрушением клеток крови паразитом (табл.).

В группе собак, инвазированных только *Dirofilaria repens*, изменения были менее выраженными, однако также отмечалось снижение уровня гемоглобина, гематокрита и МСНС. В случае коинфекции *B. canis* и *D. repens* наблюдались изменения в содержании эритроцитов, гемоглобина и гематокрита, что также указывает на наличие у животных анемии и нарушение функций внутренних органов, таких как почки и печень. Степень изменений параметров красной крови зависит от типа паразита и тяжести заболевания, что подчёркивает необходимость контроля и профилактики подобных заболеваний для поддержания здоровья животных.

Влияние выхлопных газов автомобилей на показатели красной крови

Загрязнение воздуха представляет серьёзную угрозу для здоровья и системы крови [53]. Длительное воздействие загрязнённого воздуха может приводить к структурным изменениям в крови, анемии и нарушениям свёртываемости [25].

Некоторые химические вещества, такие как свинец, бензол и пестициды, могут вызывать анемию, что связано с разрушением эритроцитов или нарушением их образования. Как отмечено ранее [54], это состояние характеризуется снижением уровня эритроцитов и гемоглобина, что значительно ухудшает способность крови к транспортировке кислорода и может привести к серьёзным последствиям для здоровья. Это обусловлено тем, что угарный

газ, связываясь с гемоглобином, ограничивает способность крови переносить кислород, что стимулирует организм к увеличению производства эритроцитов для компенсации недостатка кислорода. Анемия, вызванная токсическими веществами, особенно опасна, так как разрушение эритроцитов или нарушение их образования приводит к кислородному голоданию тканей и органов.

Воздействие отработанных газов автомобилей – лишь одна из форм химического загрязнения, оказывающего вредное влияние на кровь. Химические соединения, содержащиеся в выбросах промышленных предприятий и автотранспорта, накапливаются в организме и нарушают нормальные процессы кроветворения. Исследованиями [55] показано, что влияние загрязнения воздуха на гематологические показатели варьирует в зависимости от региона и сезона, а также от уровня загрязнения. Например, наиболее низкое содержание эритроцитов, гемоглобина и гематокрита установлено при среднем уровне загрязнения ОС выхлопными газами автомобилей (табл.).

Таким образом, выхлопные газы автомобилей и другие загрязняющие вещества представляют значительную опасность для состояния крови и общего здоровья организма. Длительное воздействие этих веществ может привести к анемии, нарушению функции тромбоцитов и другим серьёзным заболеваниям, что подчёркивает необходимость принятия мер для снижения загрязнения воздуха и защиты здоровья населения.

Влияние радиоактивного излучения на параметры красной крови

Исследователи [56, 57] выявили, что на территориях, где присутствуют ионизирующие радионуклиды, у собак развиваются такие патологические состояния, как анемия, олигоцитемия (снижение числа эритроцитов) и олигохромемия (снижение уровня гемоглобина). Радиоактивное излучение приводит к нарушению процессов эритропоэза, начиная с 7 дня после загрязнения. Уровень гемоглобина снижался во всех возрастных группах. Наибольшее количество случаев анемии было зафиксировано у 14-дневных щенков. К 14 дню после радиоактивного загрязнения у щенков наблюдалось значительное уменьшение количества эритроцитов – с $5,48 \cdot 10^{12}/л$ до $3,3 \cdot 10^{12}/л$ (табл.). Это можно объяснить накопительным эффектом радиации, усугубляющим нарушения в образовании клеток крови.

Вышеуказанные данные подтверждают гипотезу о разрушительном влиянии радиации на процессы кроветворения. Особенно тревожными оказались результаты, касающиеся двухмесячных собак, т. к. в этой группе было зафиксировано наибольшее количество случаев анемии. Это может объясняться как естественными физиологическими изменениями, так и разрушительным воздействием радиации, которое усугубляет физиологические процессы, снижая уровень гемоглобина и количество эритроцитов.

Таким образом, воздействие радиоактивного излучения негативно сказывается на состоянии крови, вызывая анемию и иммунодефицитные состояния, что особенно заметно у молодых животных. Поэтому важно контролировать радиационный фон в зонах техногенных катастроф и разрабатывать меры по защите живых организмов от радиационного загрязнения.

Влияние мест обитания на показатели красной крови у животных

Местообитание является одним из ключевых экологических факторов, определяющих физиологическое состояние животных, в том числе показатели красной крови. Различия в степени антропогенной нагрузки, кормовых условиях, паразитарной инфекации и контактах с домашними животными могут отражаться на числе эритроцитов, уровне гемоглобина, величине гематокрита и эритроцитарных индексах. В связи с этим, особую ценность представляют исследования, в которых сравниваются животные одного вида, обитающие в разных типах ландшафтов.

Показательной в этом отношении является работа [58], посвящённая гематологическим и биохимическим показателям свободноживущих гривистых волков (*Chrysocyon brachyurus*) в Бразилии. Авторы обследовали 28 особей, обитающих внутри национального парка Серра-да-Канастра, в его пограничной зоне и на прилегающих фермерских территориях, что позволило оценить влияние пространственной неоднородности среды и антропогенной трансформации местообитаний на состояние животных.

Установлено, что показатели красной крови варьировали в зависимости от условий обитания. У волков, живших внутри парка, число эритроцитов было ниже, чем у животных из приграничной зоны и сельскохозяйственных угодий: около $4,5 \cdot 10^6/мм^3$ против $5,1 \cdot 10^6/мм^3$

и $5,3 \cdot 10^6/\text{мм}^3$ соответственно. Аналогичная тенденция отмечалась и по гематокриту, который возрастал от 38,0 % внутри парка до 40,7 % в приграничной зоне и 43,1 % на фермерских территориях. Кроме того, у особей из пограничной зоны наблюдалось снижение среднего объёма эритроцита, что авторы связывали с микроцитозом.

Полученные данные свидетельствуют о том, что тип местообитания и степень его антропогенной преобразованности оказывают заметное влияние на показатели красной крови у псовых. Пограничные зоны и агроландшафты характеризуются более высокой экологической нагрузкой, включая паразитарное давление и контакты с домашними животными, что может вызывать физиологические сдвиги в организме. Таким образом, показатели красной крови могут рассматриваться как чувствительный индикатор адаптационного ответа животных на изменение условий среды.

Заключение

Изложенные выше факты подчёркивают важность глубокого понимания влияния факторов ОС на параметры красной крови животных семейства Псовые (Canidae). Окружающая среда играет ключевую роль в поддержании здоровья животных, так как её различные факторы оказывают непосредственное воздействие на состояние крови и общее функционирование организма. Нарушения в природных экосистемах, например заражение животных паразитами, загрязнение ОС выхлопными газами автомобилей, радиоактивным излучением или изменение климатических условий, по которым выявлены статистически значимые различия между животными, могут привести к серьёзным изменениям в физиологических процессах у животных. Понимание того, как различные факторы ОС влияют на гематологические показатели животных, необходимо для разработки эффективных стратегий по охране их здоровья и поддержанию устойчивости экосистем.

Способность организма животных к адаптации и сохранению гомеостаза играет ключевую роль в поддержании их здоровья в условиях изменяющейся ОС. В работе мы постарались показать, что параметры красной крови животных семейства Псовые (Canidae) являются надёжными индикаторами в методах диагностики, лечения и прогнозирования заболеваний животных, поскольку изменения в этих параметрах являются индикаторами

патофизиологических реакций, обеспечивая, таким образом, базовую информацию о состоянии здоровья животных. Условия изменяющейся ОС влияют на параметры красной крови животных семейства Псовые (Canidae), поэтому их можно использовать в качестве индикаторов для оценки физиологического статуса животных и оценки изменений ОС.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания (тема FNWS-2022-0002).

References

1. Kashapova R.A. The adaptation of the organism in conditions of chemical contamination of low intensity // Modern problems of science and education. 2015. No. 3. Article 595 [Internet recourse] <https://science-education.ru/article/view?id=19710> (Accessed: 29.04.2026) (in Russian).
2. Reed M.D., Barrett E.G., Campen M.J., Divine K.K., Gigliotti A.P., McDonald J.D., Seagrave J.C., Mauderly J.L., Seilkop S.K., Swenberg J.A. Health effects of subchronic inhalation exposure to gasoline engine exhaust // Inhal. Toxicol. 2008. V. 20. No. 13. P. 1125–1143. doi: 10.1080/08958370802368722
3. Etim N., Williams M.E., Akpabio U., Offiong E.A. Haematological parameters and factors affecting their values // Agric. Sci. 2014. V. 2. No. 1. P. 37–47. doi: 10.12735/as.v2i1p37
4. Dias G., Bezerra V., Risso W.E., Martinez C.B., Simonato J.D. Hematological and biochemical changes in the Neotropical fish *Astyanax altiparanae* after acute exposure to a cadmium and nickel mixture // Water Air Soil Pollut. 2023. V. 234. No. 5. Article No. 307. doi: 10.1007/s11270-023-06325-5
5. Kanu K.C., Okoboshi A.C., Otitolaju A.A. Haematological and biochemical toxicity in freshwater fish *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* following pulse exposure to atrazine, mancozeb, chlorpyrifos, lambda-cyhalothrin, and their combination // Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol. 2023. V. 270. Article No. 109643. doi: 10.1016/j.cbpc.2023.109643
6. Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations / Eds. H.K. Walker, W.D. Hall, J.W. Hurst. 3rd edition. Boston: Butterworths, 1990. 1087 p.
7. Ates B., Orun I., Selamoglu Z., Durmaz G., Yilmaz I. Effects of sodium selenite on some biochemical and hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) exposed to Pb^{2+} and Cu^{2+} // Fish Physiol. Biochem. 2008. V. 34. No. 1. P. 53–59. doi: 10.1007/s10695-007-9146-5
8. Blanc L., Wolfe L.C. General considerations of hemolytic diseases, red cell membrane, and enzyme defects // Lanzkowsky's Manual of Pediatric Hematology and

- Oncology. 6th ed. Academic Press, 2016. P. 137–146. doi: 10.1016/B978-0-12-821671-2.00030-1
9. Kaviani E.F., Naeemi A.S., Salehzadeh A. Influence of copper oxide nanoparticle on hematology and plasma biochemistry of caspian trout (*Salmo trutta caspius*), following acute and chronic exposure // Pollution. 2019. V. 5. No. 1. P. 225–234. doi: 10.22059/poll.2018.251034.383
10. Niu Y., Zhang X., Xu T., Li X., Zhang H., Wu A., Storey K.B., Chen Q. Physiological and biochemical adaptations to high altitude in Tibetan Frogs, *Nanorana parkeri* // Front. Physiol. 2022. V. 13. Article No. 942037. doi: 10.3389/fphys.2022.942037
11. Khairy S., Abid A. Estimation of hematological parameters in people exposed to environmental pollution in Thi-Qar Governorate // University of Thi-Qar Journal of Science. 2023. V. 10. No. 2. P. 146–150. doi: 10.32792/utq/utjsi/v10i2.1122
12. Sabanova R.K. Seasonal changes in rodent hematologic parameters reflective their adaptive ability // Agricultural Biology. 2008. V. 43. No. 4. P. 117–119 (in Russian).
13. Nesterenko A.O., Tselykh E.D., Khristoforova N.K., Berdnikov N.V. Analysis of the elemental composition in blood serum and hair of adolescents of different ethnic groups in Khabarovsk Krai in connection with nutrition and technogenic contamination of territories // Sechenov Herald. 2018. No. 2. P. 26–32 (in Russian).
14. Khisamov E.N., Enikeyev D.A., Enikeyev O.A., Idrisova L.T. The influence of chemical pollution on the condition of red blood cells // Modern problems of science and education. 2017. No. 4 [Internet resource] <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26677> (Accessed: 05.05.2026) (in Russian).
15. Alghamdi M.S., El-Ghazaly N.A. Effects of exposure to electromagnetic field on some hematological parameters in mice // Open J. Med. Chem. 2012. No. 2. P. 30–42. doi: 10.4236/ojmc.2012.22005
16. Al-Sweedan S.A., Alhaj M. The effect of low altitude on blood count parameters // Hematology/Oncology and Stem Cell Therapy. 2012. No. 5 (3). P. 158–161. doi: 10.5144/1658-3876.2012.158
17. Agadzhanian N.A., Skalnuy A.V., Detkov V.Y. Human elemental portrait: morbidity, demography and problem of nation health management // Human Ecology. 2013. V. 20. No. 11. P. 3–12 (in Russian). doi: 10.17816/humeco17282
18. Skalnuy A.V. Evaluation and correction of elemental status of the population as a perspective direction of national healthcare and environmental monitoring // Trace Elements in Medicine. 2018. V. 19. No. 1. P. 5–13 (in Russian). doi: 10.19112/2413-6174-2018-19-1-5-13
19. Higgins K. Interpretation of clinical laboratory. Moskva: Laboratoriya znaniy, 2021. 592 p. (in Russian).
20. Hematology: National Guidelines / Ed. O.A. Rukavicyn. Moskva: GEOTAR-Media, 2024. 920 p. (in Russian).
21. Pavlova V.Y. How to interpret complete blood count: using the possibilities of modern hematology analyzers // Fundamental and Clinical Medicine. 2016. V. 4. No. 1. P. 98–108 (in Russian).
22. Aniolek O. The effect of thyroid hormone deficiency on erythropoiesis in dogs // ACTA VET. BRNO. 2019. V. 88. P. 257–264. doi: 10.2754/avb201988030257
23. Alabi O.M., Aworinde H.O., Adebayo S., Akinwumi A.O., Ayandiji A., Tatar A. Data analytics-based evaluation of blood indices and adaptation of medicated and non-medicated broiler chickens under humid tropical conditions // Transl. Anim. Sci. 2024. V. 16. No. 8. Article No. txae040. doi: 10.1093/tas/txae040
24. Nizhelskaya E.I. Hematological and biochemical indices dynamics in dogs with toxocarosis // International Research Journal. 2020. No. 8-2 (98). P. 75–79 (in Russian). doi: 10.23670/IRJ.2020.98.8.047
25. German S.V., Bobrovnikskii I.P., Balakaeva A.V. The impact of air pollution with particulate matter on the development of cardiovascular diseases (literature review) // Hygiene and Sanitation. 2021. V. 100. No. 6. P. 555–559 (in Russian). doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-6-555-559
26. Dvoeglazova N.V., Kokorina A.E., Berezina Yu.A., Nani A.E. Morphometry of blood cells in anemia of hemoparasitic origin in dogs // Dagestan GAU Proceedings. 2022. No. 4 (16). P. 171–176 (in Russian). doi: 10.52674/26867591_2022_4_171
27. Zhdanova O.B., Okulova I.I., Chasovskikh O.V., Uspensky A.V., Berezina Yu.A. Morphological and hematological indicators for particularly dangerous nematodes in raccoon dogs in the Kirov region // Krolikovodstvo i Zverovodstvo. 2023. No. 5. P. 41–48 (in Russian). doi: 10.52178/00234885_2023_5_41
28. Kosmachevskaya O.V., Topunov A.F. Alternate and additional functions of erythrocyte hemoglobin // Biochemistry (Moscow). 2018. V. 83. P. 1575–1593. doi: 10.1134/S0006297918120155
29. Repsold L., Joubert A.M. Eryptosis: an erythrocyte's suicidal type of cell death // Biomed. Res. Int. 2018. V. 3. Article No. 9405617. doi: 10.1155/2018/9405617
30. Rizzotti D., Manfrin C., Gerdol M., Greco S., Santovito G., Giulianini P.G. Morphological analysis of erythrocytes of an Antarctic teleost under heat stress: Bias of the stabling effect // J. Therm. Biol. 2022. V. 103. Article No. 103139. doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.103139
31. Singh A.P., Maurya N.K., Saxena R., Saxena S. An overview of red blood cell properties and functions // J. Int. Res. Med. Pharm. Sci. 2024. V. 19. No. 2. P. 14–23. doi: 10.56557/JIRMEPS/2024/v19i28667
32. Isaac L.J., Abah G., Akpan B., Ekaette I.U. Haematological properties of different breeds and sexes of rabbits // Proceedings of the 18th Annual Conference of Nigerian Society of Animal Science. 2013. V. 294. P. 24–27.
33. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells // Front. Physiol. 2013. No. 4. Article No. 332. doi: 10.3389/fphys.2013.00332
34. Abrasheva M.V., Andreeva A.I., Vinogradova O.E., Viktorovich N.N. Red blood cell hemoglobin: types, values, alternative and additional functions // International

- Journal of Applied and Fundamental Research. 2021. No. 7. P. 7–11 (in Russian). doi: 10.17513/mjpf.13240
35. Ponnuraj S.M., Kamariah N., Moovarkumudalvan B., Ramadoss R., Ponnuswamy M.N. Molecular insights of an avian species with low oxygen affinity, the crystal structure of duck T-state methemoglobin // *Protein J.* 2024. V. 43. P. 771–781. doi: 10.1007/s10930-024-10206-z
 36. Chineke C.A., Ologun A.G., Ikeobi C.O.N. Haematological parameters in rabbit breeds and crosses in humid tropics // *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 2006. No. 9 (11). P. 2102–2106. doi: 10.3923/pjbs.2006.2102.2106
 37. Zenina M.N., Kozlov A.V., Bessmeltsev S.S., Chernysh N.Y. Additional laboratory markers for monitoring iron deficiency // *Bulletin of the North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov.* 2014. No. 6. P. 34–42 (in Russian).
 38. Doig K., Zhang B.A. A methodical approach to interpreting the red blood cell parameters of the complete blood count // *American Society for Clinical Laboratory Science.* 2017. V. 30. No. 3. P. 173–185. doi: 10.29074/ascls.30.3.173
 39. Lescano J., Quevedo M., Villalobos M., Gavidia C. Hematology and serum biochemistry of free-ranging and captive Sechuran foxes (*Lycalopex sechurae*) // *Vet. Clin. Pathol.* 2018. V. 47. No. 1. P. 29–37. doi: 10.1111/vcp.12568
 40. Daramola J.O., Adeloye A.A., Fatoba T.A., Soladoye A.O. Haematological and biochemical parameters of West African Dwarf goats // *Livestock Research for Rural Development.* 2005. No. 17 (8). Article No. 95.
 41. Radkowska L., Herbut E. Hematological and biochemical blood parameters in dairy cows depending on the management system // *Animal Science Papers and Reports.* 2014. V. 32. No. 4. P. 317–325.
 42. Lee S.H., Kim J.W., Lee B.C., Oh H.J. Age-specific variations in hematological and biochemical parameters in middle- and large-sized of dogs // *J. Vet. Sci.* 2019. V. 21. No. 1. P. e7. doi: 10.4142/jvs.2020.21.e7
 43. Rui P., Ma Z., Zhang X., Li P., Gao G., Yang Z., Zhang J. Hematology and serum biochemistry values in adult racoon dogs and foxes in Changli farms of Hebei Province, China // *African J. Microbiol. Res.* 2011. No. 5 (26). P. 4667–4672. doi: 10.5897/AJMR11.932
 44. Berezina Y.A., Bespyatykh O.Y., Berezin K.N. Haematology of raccoon dog blood in the natural and climatic conditions of Kirov oblast // *Journal of Agriculture and Environment.* 2023. No. 6 (34). Article No. 10 (in Russian). doi: 10.23649/JAE.2023.34.7
 45. Sanzhieva S.E., Mantatova N.V. Changes in morphological and biochemical status of blood silver-black foxes under domestication // *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. Geografiya.* 2009. No. 4. P. 197–200 (in Russian).
 46. Piotrowska A., Szymeczko R., Ożgo M., Bogusławska-Tryk M., Burlikowska K. Morphological and mineral characteristics of peripheral blood in female polar fox in relation to age // *Folia Biologica.* 2008. V. 56. No. 3–4. P. 263–267. doi: 10.3409/fb.56_3-4.263-267
 47. Mustonen A.M., Nieminen P. A review of the physiology of a survival expert of big freeze, deep snow, and an empty stomach: the boreal raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) // *J. Comp. Physiol.* 2018. V. 188. P. 15–25. doi: 10.1007/s00360-017-1114-5
 48. Mech L.D., Buhl D.A. Seasonal cycles in hematology and body mass in free-ranging gray wolves (*Canis lupus*) from Northeastern Minnesota, USA // *J. Wild. Dis.* 2020. V. 56. No. 1. P. 179–185. doi: 10.7589/2018-06-156
 49. Bozena N.-D., Andrzej Z., Andrzej J., Wioletta W. Hematological parameters of wild and farm mink, red fox and raccoon dog // *Medycyna Weterynaryjna.* 2013. V. 69. No. 1. P. 40–42.
 50. Savić S., Stosic M.Z., Marcic D., Hernández I., Potkonjak A., Otasevic S., Ruzic M., Morchón R. Seroepidemiological study of canine and human dirofilariasis in the endemic region of Northern Serbia // *Front. Vet. Sci.* 2020. No. 7. Article No. 571. doi: 10.3389/fvets.2020.00571
 51. Wyszmołek M.E., Dobrzyński A., Długosz E., Czopowicz M., Wiśniewski M., Jurka P., Klockiewicz M. Hematological and biochemical changes in dogs naturally infected with *Dirofilaria repens* // *Front. Vet. Sci.* 2020. No. 7. Article No. 590. doi: 10.3389/fvets.2020.00590
 52. Wężyk D., Romanczuk K., Rodo A., Kavalevich D., Bajer A. Haematological indices and immune response profiles in dogs naturally infected and co-infected with *Dirofilaria repens* and *Babesia canis* // *Sci. Rep.* 2023. V. 13. Article No. 2028. doi: 10.1038/s41598-023-29011-2
 53. Kargarfard M., Shariat A., Shaw B.S., Shaw I., Lam E.T.C., Kheiri A., Eatemadyboroujeni A., Tamrin S.B.M. Effects of polluted air on cardiovascular and hematological parameters after progressive maximal aerobic exercise // *Lung.* 2015. V. 193. P. 275–281. doi: 10.1007/s00408-014-9679-1
 54. Nikolic M., Nikić D., Stanković A. Effects of air pollution on red blood cells in children // *Polish J. Environ. Stud.* 2008. V. 17. No. 2. P. 267–271.
 55. Asghar M.S., Rehman Z., Shafiq H., Khaliq F., Mughal Z. Seasonal and regional effects of air quality index on hematological indices of dogs under local environmental conditions in Pakistan // *BioSight.* 2022. V. 3. No. 1. P. 3–10. doi: 10.46568/bios.v3i1.62
 56. Duboviy A.A., Dubova O.A., Sheremet S.I. The state of hematopoiesis and the functional state of the liver and kidneys in dogs, grown in conditions of chronic exposure to radioactive contamination // *Scientific Messenger LNUVMB.* 2017. V. 19. No. 82. P. 217–221 (in Ukrainian).
 57. Duboviy A.A. Changes of morphological and biochemical parameters of blood of puppies raised in the conditions of influence of ionizing irradiation // *Scientific Bulletin of the LNUVMBT named after S.Z. Gzhitskiy.* 2016. V. 18. No. 1 (65). P. 27–32 (in Ukrainian).
 58. May-Júnior J.A., Songsasen N., Azevedo F.C.C., Santos J.P., Paula R.C., Rodrigues F.H.G., Rodden M.D., Wildt D.E., Morato R.G. Hematology and blood chemistry parameters differ in free-ranging maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*) living in the Serra da Canastra National Park versus adjacent farmlands, Brazil // *Journal of Wildlife Diseases.* 2009. V. 45. No. 1. P. 81–90. doi: 10.7589/0090-3558-45.1.81