

УДК 589.323.45:591.111

ББК 28.693.369.36

Т 32

Темботова Э.Ж.

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологической физиологии Института экологии горных территорий им. А.К. Темботова Кабардино-Балкарского научного центра РАН, Нальчик, тел. (8662) 42-24-97, e-mail: iemt@mail.ru

Емкужева М.М.

Кандидат биологических наук, зав. лабораторией экологической физиологии, старший научный сотрудник лаборатории экологической физиологии Института экологии горных территорий им. А.К. Темботова Кабардино-Балкарского научного центра РАН, Нальчик, тел. (8662) 42-24-97, e-mail: emkugeva_m@mail.ru

Темботова Ф.А.

Член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией по мониторингу лесных экосистем, директор Института экологии горных территорий им. А.К. Темботова Кабардино-Балкарского научного центра РАН, Нальчик, тел. (8662) 42-15-14, e-mail: iemt@mail.ru

Сезонная динамика показателей периферической крови домовой мыши (Mammalia, Rodentia) в горах Центрального Кавказа
(Рецензирована)

Аннотация. Изучена сезонная динамика показателей системы крови домовой мыши (*Mus musculus* L.) в среднегорьях Центрального Кавказа в годовом аспекте. В благоприятных условиях (постройки человека) в сравнении с дикоживущими мелкими грызунами в сезонной динамике показателей периферической крови выражены два периода: холодный (весна, зима, осень) и теплый (лето). Наиболее энергозатратным для вида является зимний сезон, сопровождающийся повышением респираторной функции крови. При этом максимальное увеличение кислородной емкости крови в данный период происходит за счет большого количества эритроцитов, размеры которых значительно уступают летним данным, что способствует увеличению общей поглотительной поверхности для кислорода.

Ключевые слова: показатели крови, сезон года, адаптация, Центральный Кавказ, *Mus musculus*.

Tembotova E.Zh.

Candidate of Biology, Senior Scientist of the Laboratory of Eco-Physiological Researches, Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories, Kabardino-Balkarian Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Nalchik, ph. (8662) 42-24-97, e-mail: iemt@mail.ru

Emkuzheva M.M.

Candidate of Biology, Head of the Laboratory of Eco-Physiological Researches, Senior Scientist of the Laboratory of Eco-Physiological Researches, Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories, Kabardino-Balkarian Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Nalchik, ph. (8662) 42-24-97, e-mail: emkugeva_m@mail.ru

Tembotova F.A.

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biology, Professor, Head of Laboratory of Forest Ecosystem Monitoring, Director of the Institute of Ecology of Mountain Territories named after A.K. Tembotov, Kabardino-Balkarian Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Nalchik, ph. (8662) 42-15-14, e-mail: iemt@mail.ru

Seasonal dynamics of house mouse (Mammalia, Rodentia) blood parameters under mountain conditions of the Central Caucasus

Abstract. *Seasonal dynamics of the blood parameters of the house mouse (*Mus musculus* L.) throughout the year in the mountains of the Central Caucasus (1800 m a.s.l.) was studied. The pronounced seasonal dynamics of the blood parameters was revealed in the favorable condition (man buildings) in comparison with the wildlife small rodents, in the context of two periods: the cold period (spring, winter, autumn) and the warm one (summer). The greatest expenditure of energy in the species is winter that is demonstrated by the increase of blood respiratory function. Thus, the maximum increase of oxygen capacity is followed by peripheralization of high number of erythrocytes, the sizes of which are significantly smaller than those from summer data that ensures increasing of the total absorbing surface for oxygen.*

Keywords: blood counts, season of the year, adaptation, the Central Caucasus, *Mus musculus*.

Домовая мышь (*Mus musculus* L.) наряду с серой крысой (*Rattus norvegicus* Berk) относится к группе настоящих синантропов [1], в частности на Центральном Кавказе. С подъемом в горы ее привязанность к жилищам человека возрастает, что согласуется с данными литературы [2]. Значительно уступая крысе в размерах, вид освоил широкий спектр природных и антропогенных ландшафтов региона, в том числе и в высотном направлении. Благодаря экологической лабильности вид может рассматриваться в качестве ценной биологической модели для построения общей теории адаптации, в том числе и для изучения сезонных физиологических изменений. Сезонные изменения условий существования, которые обуславливают как климатические изменения, так и изменения в кормовой базе животных – один из важнейших факторов эволюционной экологии грызунов. При этом оценка признаков системы крови может характеризовать как реакцию организма на изменяющиеся условия среды обитания, так и сами условия [3, 4].

Цель работы – изучение системы крови синантропного широко распространенного вида грызуна – домовой мыши – в сезонном аспекте в благоприятных условиях среды обитания, постройках человека, в среднегорьях Центрального Кавказа.

Материал и методы исследования

Исследования проведены на особях домовой мыши, отловленных в домах и хозяйственных постройках местных жителей в условиях субальпийского пояса (пос. Эльбрус, высота местности – 1800 м над ур.м.). Материал собран за 2006-2008 гг. в середине каждого сезона (январь, апрель, июль, октябрь), всего изучено 169 взрослых животных.

В работе использованы стандартные методы исследования [5, 6], описанные в более ранних публикациях авторов [7-9]. Характеристика периферической крови приводилась по следующим показателям: среднее содержание гемоглобина (HGB) (г/л), количество эритроцитов (RBC) (млн. в 1 мкл), гематокритный показатель (HCT) (об/%), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH) (пг), средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC) (г/л), средний объем эритроцита (MCV) (мкм³), средняя площадь эритроцита (мкм²). Респираторная функция крови (*F*) в условных единицах рассчитана по формуле:

$$F = HBG \times RBC \times 4r^2,$$

где $4r^2$ – измеренная поверхность одной кровяной клетки [10]. Статистическая обработка данных, имеющих нормальное распределение, проведена с использованием дисперсионного и кластерного анализов в пакете программ «Statistica-10». Для всех статистических тестов принят 5% уровень значимости.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования системы крови домовой мыши, проведенные в течение всего годового цикла в условиях среднегорья Центрального Кавказа, свидетельствуют о том, что состав периферической крови претерпевает значительные сезонные изменения. Согласно результатам дисперсионного анализа статистически значимое влияние сезона года выявлено у самцов по 6 параметрам эритрона из 9, у самок – по 4 (табл. 1).

Как видно из таблиц 2 и 3, наиболее контрастна характеристика красной крови домовой мыши в зимний и летний периоды. Существенные различия при этом выявлены по шести из 9 параметров, что характерно для особей обоих полов.

Так, летом и у самцов, и у самок достоверно ниже содержание гемоглобина, количество эритроцитов, гематокритный показатель. Несмотря на то, что диаметр и средняя площадь эритроцитов достоверно больше в данный сезон, респираторная функция крови ниже. Как следует из корреляционного анализа, количество эритроцитов ($r=-0,21$ у самцов, у самок $r=-0,27$, в обоих случаях корреляция достоверная) и содержание гемоглобина ($r=-0,27$ у самцов, у самок $r=-0,15$, корреляция достоверна у самцов) отри-

цательно связаны хотя и слабо с диаметром эритроцитов. Из изложенного можно заключить: летом у особей вида – чем больше диаметр эритроцита, тем меньше количество эритроцитов, а зимой – наоборот.

Таблица 1

Влияние сезона года на параметры системы крови домовой мыши (*M. musculus*) в среднегорьях Центрального Кавказа (1800 м над ур.м.)

Показатель	Самцы		Самки	
	<i>F</i> критерий	<i>p</i> уровень	<i>F</i> критерий	<i>p</i> уровень
HGB (г/л)	2,93	0,039	3,76	0,014
RBC (млн. в 1 мкл)	3,84	0,013	3,12	0,031
HCT (об/%)	3,05	0,033	1,99	0,123
Диаметр эритроцитов (мкм)	32,15	0,000	15,14	0,000
MCH (пг)	0,65	0,585	0,55	0,550
MCV (мкм ³)	1,40	0,249	0,34	0,865
MCHC (г/л)	0,50	0,685	1,06	0,371
<i>F</i> (усл. ед.)	3,51	0,021	3,31	0,020
Средняя площадь эритроцитов (мкм ²)	7,52	0,000	2,12	0,107

Таблица 2

Средние значения параметров системы крови самцов домовой мыши (*M. musculus*) в годовом аспекте в среднегорьях Центрального Кавказа (1800 м над ур.м.)

Параметры	Зима-весна	Весна-лето	Лето-осень	Зима-лето
HGB (г/л)	<u>170,94-161,43</u> 0,054	<u>161,43-159,37</u> 0,633	<u>159,37-160,39</u> 0,781	<u>170,94-159,37</u> 0,006
RBC (млн. в 1 мкл)	<u>8,975-8,510</u> 0,158	<u>8,510-8,129</u> 0,206	<u>8,129-8,102</u> 0,919	<u>8,975-8,129</u> 0,004
HCT (об/%)	<u>55,47-53,08</u> 0,057	<u>53,08-51,29</u> 0,521	<u>51,29-52,35</u> 0,387	<u>55,47-51,29</u> 0,004
Диаметр эритроцитов (мкм)	<u>5,45-5,56</u> 0,020	<u>5,56-5,90</u> 0,000	<u>5,90-5,67</u> 0,000	<u>5,45-5,90</u> 0,000
MCH (пг)	<u>19,38-19,33</u> 0,940	<u>19,33-19,77</u> 0,500	<u>19,77-19,54</u> 0,680	<u>19,38-19,77</u> 0,524
MCV (мкм ³)	<u>61,68-61,91</u> 0,924	<u>61,91-64,87</u> 0,176	<u>64,87-65,38</u> 0,784	<u>61,68-64,87</u> 0,129
MCHC (г/л)	<u>31,01-31,27</u> 0,943	<u>31,27-31,05</u> 0,721	<u>31,05-30,65</u> 0,448	<u>31,01-31,05</u> 0,652
<i>F</i> (усл. ед.)	<u>98,10-83,10</u> 0,004	<u>83,10-87,64</u> 0,352	<u>87,64-86,25</u> 0,755	<u>98,10-87,64</u> 0,031
Средняя площадь эритроцитов (мкм ²)	<u>91,42-93,33</u> 0,311	<u>93,33-99,29</u> 0,001	<u>99,29-96,18</u> 0,064	<u>91,42-99,29</u> 0,000

Примечание: Над чертой приведены средние значения параметров крови в разные сезоны, под чертой – *p*-уровень отличий

В зимний период высокая респираторная функция периферической крови домовой мыши в горах Центрального Кавказа, характеризующаяся высоким содержанием гемоглобина, обеспечивает максимальную в годовом цикле кислородную емкость крови в единице объема. Большое количество мелких эритроцитов в 1 мкл крови, не препятствующее прохождению крови через капиллярное ложе, увеличивает общую погло-

тительную поверхность для кислорода. Адаптивный смысл этих изменений очевиден: чем меньше абсолютные размеры эритроцитов, тем больше скорость поглощения кислорода гемоглобином при прохождении крови через легкие, что необходимо для поддержания температурного баланса организма в холодное время года. Полученные результаты согласуются с данными литературы по дикоживущим видам млекопитающих [7-11], адаптированным к более жестким условиям природной среды, чем синантропы.

Таблица 3

Средние значения параметров системы крови самок домовых мыши (*M. musculus*) в годовом аспекте в среднегорьях Центрального Кавказа (1800 м над ур.м.)

Параметры	Зима-весна	Весна-лето	Лето-осень	Зима-лето
HGB (г/л)	<u>173,77-160,92</u> 0,013	<u>160,92-160,64</u> 0,950	<u>160,64-161,23</u> 0,862	<u>173,77-160,64</u> 0,003
RBC (млн. в 1 мкл)	<u>8,870-7,858</u> 0,008	<u>7,858-8,048</u> 0,555	<u>8,048-8,115</u> 0,789	<u>8,870-8,048</u> 0,010
HCT (об/%)	<u>54,54-52,82</u> 0,116	<u>52,82-51,13</u> 0,588	<u>51,13-52,52</u> 0,225	<u>54,54-51,13</u> 0,019
Диаметр эритроцитов (мкм)	<u>5,51-5,64</u> 0,033	<u>5,64-5,83</u> 0,000	<u>5,83-5,68</u> 0,000	<u>5,51-5,83</u> 0,000
MCH (пг)	<u>20,17-20,52</u> 0,615	<u>20,52-19,80</u> 0,234	<u>19,80-19,91</u> 0,815	<u>20,17-19,80</u> 0,539
MCV (мкм ³)	<u>63,24-64,93</u> 0,499	<u>64,93-64,18</u> 0,736	<u>64,18-64,83</u> 0,703	<u>63,24-64,18</u> 0,658
MCHC (г/л)	<u>31,89-31,09</u> 0,231	<u>31,09-31,26</u> 0,775	<u>31,26-30,92</u> 0,471	<u>31,89-31,26</u> 0,285
Средняя площадь эритроцитов (мкм ²)	<u>93,00-95,95</u> 0,131	<u>95,95-97,27</u> 0,430	<u>97,27-95,32</u> 0,146	<u>93,00-97,27</u> 0,016
F (усл. ед.)	<u>100,35-82,68</u> 0,005	<u>82,68-85,09</u> 0,616	<u>85,09-88,10</u> 0,495	<u>100,35-85,09</u> 0,009

Примечание: Над чертой приведены средние значения параметров крови в разные сезоны, под чертой – *p*-уровень отличий

По состоянию описанных выше показателей периферической крови два других сезона, весна и осень, являются переходными между зимой и летом, однако, как следует из результатов кластерного анализа (рис. 1), по комплексу показателей периферической крови «весна» и «осень» составляют общий кластер с «зимой», тогда как «лето» обособлено от всех других периодов года.

Третья часть показателей – средний объем эритроцита, среднее содержание гемоглобина в эритроците и средняя концентрация гемоглобина в эритроците – при сравнении крайних вариантов в климатических условиях зимы и лета варьируют в течение года незначительно (табл. 2, 3).

Диаметр эритроцитов является исключением из общего ряда показателей, который существенно меняется в процессе всего года, различия достоверны во всех парах сравнения, что характерно для особей обоих полов (табл. 2, 3). Это свидетельствует о том, что процесс замещения мелких эритроцитов, имеющих в кровотоке у животных в зимний период, на крупные в летний сезон происходит постепенно в течение 3-4 месяцев, начиная с конца зимы и заканчивая началом лета. Противоположное явление происходит осенью, начиная с конца лета.

По результатам морфологического анализа на препаратах крови домовых мыши

эритроциты нормохромные во все сезоны года, что свидетельствует о нормальном процессе поступления молодых эритроцитов (полихроматофильных). В эритроцитах обнаружены тельца Хауелла-Жолли, максимально – весной у 70% особей, в другие сезоны – до 50%. Их наличие в эритроцитах также отмечено на Центральном Кавказе [7, 8] у малой лесной мыши (2000 м над ур.м.) и домовый мыши (700 м над ур.м.). Как отмечают Е.Д. Гольдберг, Д.И. Гольдберг [12] и В. Риган с соавторами [6], тельца Хауелла-Жолли являются мелкими остатками ядерного материала в эритроцитах. Их присутствие, возможно, объясняется повышенной скоростью производства эритроцитов в момент регенеративного ответа, и наличие телец Хауелла-Жолли связано с неспособностью макрофагов полностью удалять ядерный материал из эритроцитов.

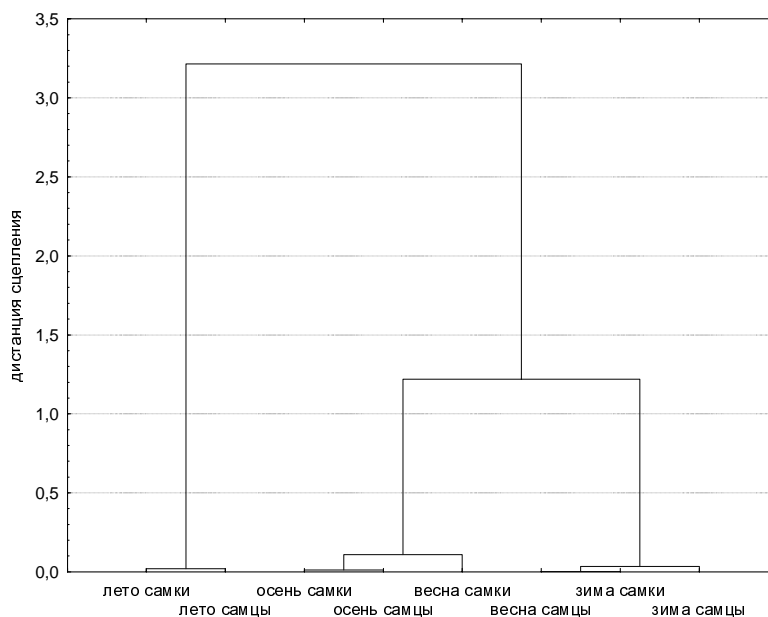


Рис. 1. Дендрограмма сходства (Wards method, $1 - \text{Pearson } r$) между выборками *M. musculus* по показателям периферической крови на основании дистанции Махаланобиса в разные сезоны года (размерность – 2)

Заключение

Таким образом, характеризуя систему крови домовый мыши в среднегорьях Центрального Кавказа (в пределах 1800-2000 м над ур.м.), приуроченной к более благоприятным (как по климатическим, так и по кормовым) условиям обитания в постройках человека, можно констатировать следующее.

У *M. musculus* выявлена выраженная сезонная динамика параметров периферической крови, однако годовой цикл делится на два четко выраженных периода: холодный (осень, зима, весна) и теплый (лето).

Холодный зимний период для вида, несмотря на значительно более благоприятные условия обитания, остается наиболее энергозатратным сезоном года, что проявляется в повышении респираторной функции крови и, соответственно, максимальном увеличении кислородной емкости крови.

Теплый период, на который приходится наибольшая интенсивность размножения вида, характеризуется пониженными значениями респираторной функции крови, что свидетельствует о том, что размножение не является экстремальным периодом жизни популяции и не требует особых энергозатрат в данных условиях среды.

Повышение уровня респираторной функции крови у домовый мыши в зимний период происходит, как и у ряда других мелких грызунов, за счет выработки наибольшего в сезонном цикле числа эритроцитов с наименьшим их диаметром и высоким уровнем

гемоглобина. Летом состояние «красной» крови качественно иное, в периферической крови циркулируют наиболее крупные по диаметру эритроциты, но число их меньше.

Выявленные закономерности характерны для животных обоих полов.

Примечания:

1. Кучерук В.В. Грызуны – обитатели построек человека и населенных пунктов различных регионов СССР // Общая и региональная териология: сб. науч. тр. М.: Наука, 1988. С. 65-237.
2. Темботов А.К., Шхашамисhev X.X. Животный мир Кабардино-Балкарии. Нальчик: Эльбрус, 1984. 190 с.
3. Лохмиллер Р.П., Мошкин М.П. Экологические факторы и адаптивная значимость изменчивости иммунитета мелких млекопитающих // Сибирский экологический журнал. 1994. Т. 6, № 1. С. 37-58.
4. Тарахтий Э.А., Давыдова Ю.А. Сезонная изменчивость показателей системы крови рыжей полевки (*Clethrionomus glareolus*) разного репродуктивного состояния // Известия РАН. Сер. Биология. 2007. № 1. С. 14-25.
5. Берчану Шт. Клиническая гематология. Бухарест: Медицинское изд-во, 1985. 1222 с.
6. Риган В., Сандерс Т., Деникола Д. Атлас ветеринарной гематологии. М.: Аквариум ЛТД, 2000. 136 с.
7. Влияние градиента высоты местности на гематологические показатели одного из широко распространенных видов грызунов – малой лесной мыши (MURIDAE, RODENTIA) на Центральном Кавказе / А.К. Темботов, Э.Ж. Темботова, З.А. Берсекова, М.М. Емкужева // Млекопитающие горных территорий: материалы междунар. конф. М.: КМК, 2005. С. 169-174.
8. Темботова Э.Ж., Емкужева М.М., Темботова Ф.А. Эколого-физиологический анализ эритрона доменной мыши (*Mus musculus* L.) в условиях высотной поясности Центрального Кавказа // Млекопитающие горных территорий: материалы междунар. конф. М.: КМК, 2007. С. 315-323.
9. Изменчивость гематологических параметров доменной мыши (*Mus musculus* L.) в предгорьях Центрального Кавказа / А.К. Темботов, Э.Ж. Темботова, Ф.А. Темботова, М.М. Емкужева // Успехи современной биологии. 2009. Т. 129, № 4. С. 370-378.
10. Kostelecka-Myrcha A. Variation of morphophysiological indexes of blood in *Clethrionomus glareolus* (Shreber, 1780) // Acta Teriologica. 1967. Vol. XII. P. 191-222.
11. Holland R.A., Forster R.E. Effect of size of red cells of the kinetics of their oxygen uptake in different species // Federat. Proc. 1966. Vol. 2. P. 727-742.
12. Гольдберг Д.И., Гольдберг Е.Д. Справочник по гематологии. Томск: Томский гос. ун-т, 1975. 278 с.

References:

1. Kucheruk V.V. Rodents – inhabitants of human constructions and settlements of various regions of the USSR // The general and regional theriology: coll. of proceedings. M.: Nauka, 1988. P. 65-237.
2. Tembotov A.K., Shkhashamishev Kh.Kh. Fauna of Kabardino-Balkaria. Nalchik: Elbrus, 1984. 190 pp.
3. Lokhmiller R.P., Moshkin M.P. Ecological factors and adaptive importance of variability of immunity of small mammals // Siberian Ecological Journal. 1994. Vol. 6, No. 1. P. 37-58.
4. Tarakhtiy E.A., Davydova Yu.A. Seasonal variability of indicators of a blood system of the red-backed mouse (*Clethrionomus glareolus*) of a different reproductive condition // News of the RAS. Ser. Biology. 2007. No. 1. P. 14-25.
5. Berchanu Sht. Clinical hematology. Bucharest: Medical Publishing House, 1985. 1222 pp.
6. Rigan V., Sanders T., Denikola D. Atlas of the veterinary hematology. M.: LTD Aquarium, 2000. 136 pp.
7. Influence of a height gradient of the district on hematologic indicators of one of widespread species of rodents, a small common field mouse (MURIDAE, RODENTIA) in the Central Caucasus / A.K. Tembotov, E.Zh. Tembotova, Z.A. Bersekova, M.M. Emkuzheva // Mammals of mountain territories: materials of international conf. M.: KMK, 2005. P. 169-174.
8. Tembotova E.Zh., Emkuzheva M.M., Tembotova F.A. Ecologic and physiologic analysis of an erytron of a house mouse (*Mus musculus* L.) in the conditions of the altitudinal zonality of the Central Caucasus // Mammals of mountain territories: materials of international conf. M.: KMK, 2007. P. 315-323.
9. Variability of hematologic parameters of a house mouse (*Mus musculus* L.) in the foothills of the Central Caucasus / A.K. Tembotov, E.Zh. Tembotova, F.A. Tembotova, M.M. Emkuzheva // Achievements of Modern Biology. 2009. Vol. 129, No. 4. P. 370-378.
10. Kostelecka-Myrcha A. Variation of morphophysiological indexes of blood in *Clethrionomus glareolus* (Shreber, 1780) // Acta Teriologica. 1967. Vol. XII. P. 191-222.
11. Holland R.A., Forster R.E. Effect of size of red cells of the kinetics of their oxygen uptake in different species // Federat. Proc. 1966. Vol. 2. P. 727-742.
12. Goldberg D.I., Goldberg E.D. Reference book on hematology. Tomsk: Tomsk State Un-ty, 1975. 278 pp.