

УДК 591.111:591.545:599.323.43

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ “КРАСНОЙ” КРОВИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*Clethrionomys glareolus*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОНА И РЕПРОДУКТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОСОБЕЙ

© 2009 г. Э. А. Тарахтий¹, М. Н. Сумин², Ю. А. Давыдова¹

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

²Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург

Исследован ряд количественно-структурных показателей эритроцитов, концентрация гемоглобина и его фракций, число клеток в костном мозге и селезенке у половозрелых и неполовозрелых особей рыжей полевки в разные сезоны года. Установлена в зависимости от сезона изменчивость соотношения эритроцитов разного диаметра, фракций гемоглобина, клеток кроветворных органов, свойственная каждому репродуктивному состоянию особей.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование механизмов адаптации животного организма является одной из фундаментальных проблем экологической физиологии. Адаптивные реакции на уровне макромолекулы, клетки, ткани, органа, системы органов являются необходимым условием выживания целостного организма. В процессе функционирования они находятся во взаимозависимом изменении структуры и функции клеток и тканей, направлены на обеспечение относительного динамического постоянства внутренней среды и функций организма под влиянием любых неблагоприятных факторов, в том числе климатического или антропогенного характера. Сезонные изменения условий обитания (погодные, кормовые и др.) определяют многие параметры жизнедеятельности организмов и популяций животных. В частности, со сменой сезона года изменяется структура популяции многих видов мелких млекопитающих, обеспечивая устойчивое ее существование.

В популяции европейской рыжей полевки Висимского Государственного биосферного заповедника (Средний Урал) по данным многолетних стационарных наблюдений в бесснежный период установлены особенности межгодовой и сезонной динамики демографической структуры, выделены фазы (“пик”, “рост” и “депрессия”) популяционного цикла [3]. В определенный интервал многолетнего и (или) сезонного цикла репродуктивно-возрастной структуры изменяется соотношение размножающихся и не размножающихся особей, которые, в свою очередь, характеризуются специфическими морфофизиологическими, гематологическими и другими показателями, различной устойчивостью к внешним факторам [13].

Одной из обязательных составляющих ответных реакций организма на различные экстре-

мальные воздействия являются реакции газотранспортной функции крови, возникающие не только вследствие изменения парциального давления кислорода в воздушной среде, но и в результате изменения интенсивности энергетического обмена организма, характерного для любой стресс-реакции.

При действии различных факторов изменение газотранспортной функции крови может протекать по разным механизмам. Одним из них может быть увеличение суммарной площади диффузионной поверхности эритроцитов, как за счет изменения количества клеток, так и за счет появления эритроцитов иных размеров и формы [5, 6]. Другим путем может быть изменение концентрации гемоглобина – основного переносчика кислорода, или его способность переносить кислород [6, 16]. В основе последнего механизма может лежать либо аллостерическая регуляция функции гемоглобина, либо изменение соотношения между изоформами гемоглобина, отличающихся по сродству к кислороду. Смена гемоглобинов на разных этапах индивидуального развития или при воздействии экстремальных факторов среды рассматривается как адаптация к различному способу ассимиляции кислорода [1, 14]. Поэтому для понимания механизмов адаптации организма необходимо изучать не только количество эритроцитов и гемоглобина, но и качественные особенности циркулирующих эритроцитов такие, как размеры, форма, степень насыщения их гемоглобином [5, 8, 16, 17], а также соотношение между отдельными изоформами гемоглобина.

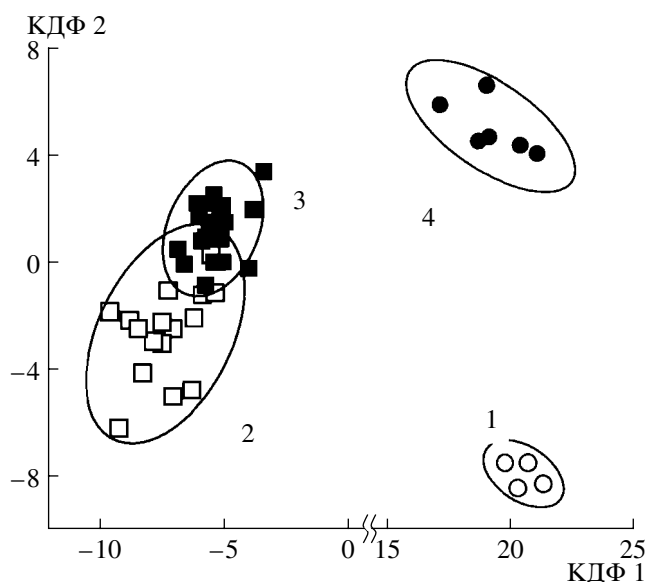
На примере европейской рыжей полевки ранее нами было показано изменение соотношения эритроцитов разного диаметра в зависимости от смены сезона и репродуктивного состояния животных [13]. Вместе с тем осталось не ясно, со-

Таблица 1. Выборки животных. Результаты дискриминантного анализа

Выборки животных	1	2	3	4
Перезимовавшие, лето (1)		66.83	68.48	12.17
Неполовозрелые, лето (2)	924.03		9.31	89.22
Неполовозрелые, осень (3)	832.49	43.87		88.03
Перезимовавшие, осень (4)	207.05	854.06	695.59	

Примечание: под диагональю – квадрат расстояния Махаланобиса; над диагональю – $F_{18, 22}$ -критерий; выделено жирным – $p < 0.05$.

проводились ли описанные изменения состава и структуры эритроцитов перестройкой гемоглобинового профиля крови. Цель настоящего исследования – оценить концентрацию гемоглобина и его фракций, их сезонную изменчивость в сопоставлении с концентрацией эритроцитов разного диаметра, клеточностью кровяных органов у рыжей полевки с учетом репродуктивно-возрастного состояния особей.



Расположение выборок животных (95% доверительные эллипсоиды) в плоскости двух первых дискриминантных функций (1–4 соответствует табл. 1).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на особях европейской рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) из природной популяции Висимского Государственного биосферного заповедника (GPS (global positioning system) – координаты: 57°22' с.ш., 59°46' в.д., 538 м над у.м.), отловленных в мае, июле и сентябре 2004 г. характеризующего как фазу “пика” популяционного цикла [3]. На основе оценки массы тела, пола, состояния генеративных органов, морфофизиологических показателей [15], календарного возраста [9] сформированы группы животных – это перезимовавшие особи (23 животных) и неполовозрелые сеголетки, не вступающие в размножение в год своего рождения (41 животное), в выборках животных не найдено половозрелых сеголеток, что явилось характерной особенностью фазы “пика” 2004 г. [3]. В анализ не включены беременные самки и неполовозрелые сеголетки с массой тела до 15 г.

У каждой особи определяли число клеток (в камере Горяева) костного мозга в бедренной кости, селезенки [7], концентрацию эритроцитов в крови, относительное и абсолютное число эритроцитов разного диаметра в диапазоне 3.5–8.9 мкм (10 точек, с помощью Celloscope 401 фирмы Lars Yungberg & Co, Швеция), гематокрит (Ht, с помощью Hawksley Micro-Haematocrit Centrifuge и Hawksley Micro-Haematocrit Reader, Англия), концентрацию гемоглобина в крови (Hb, с помощью Linzon 3 Photometer, Швеция). Фракционирование гемоглобина крови проводили методом электрофореза в вертикальных пластинах полиакриламидного геля с использованием оборудования фирмы BIORAD (США). Вычисляли средний диаметр (D), площадь поверхности (S), объем (MCV), содержание (MCH) и концентрацию гемоглобина ($MCHC$) в эритроците, способность переносить кислород единицей объема крови (E) [16]. С целью исключения влияния на показатели возраста животных число эритроцитов и клеток костного мозга в бедренной кости рассчитывали на 1 г массы тела.

Данные обрабатывали с помощью дискриминантного и дисперсионного анализа, реализованных с помощью пакета статистических программ “Statistica for Windows. Версия 6.0”. При оценке различий показателей использовали Tukey-тест, принят 5%-ный уровень значимости.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По совокупности исследованных количественно-морфологических показателей с помощью дискриминантного анализа установлено, что выборки рыжей полевки неравнозначны (табл. 1). Первая каноническая дискриминантная функция (КДФ 1) отражает репродуктивное состояние особей, вторая

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа. Средние значения концентрации гемоглобина и его фракций в крови рыжей полевки

Показатель	Результаты дисперсионного анализа			Средние значения показателей					$p < 0.05$
	MSост	сезон	половая зрелость	перезимовавшие			неполовозрелые		
				весна	лето	осень	лето	осень	
		$F_{2.55}$	$F_{1.55}$	1	2	3	4	5	
Hb, г %	1.922	8.23	4.26	16.33	14.96	18.19	16.11	16.88	1, 2–3
Фракция 1 Hb, %	3.926	24.55	7.13	86.90	83.76	81.15	82.99	82.56	1–3, 4, 5
Фракция 2 Hb, %	3.878	25.74	7.46	13.10	16.24	18.85	17.01	17.44	1–3, 4, 5
Фракция 1 Hb, г %	1.398	6.62	1.48	14.19	12.53	14.77	13.37	13.90	2–3
Фракция 2 Hb, г %	0.194	21.15	2.0	2.14	2.43	3.42	2.74	2.94	2–3; 1–2, 3, 4, 5
Число животных			60	13	5	5	14	23	

Примечание: MSост – остаточный средний квадрат, выделено жирным – $p < 0.05$ здесь и в табл. 3.

(КДФ 2) – сезонную изменчивость (рисунок). Согласно классификационной матрице 98% животных соответствует априорной классификации (94% – выборка 2; 100% – выборки 1, 3, 4).

С целью исключения искажения динамики сезонной изменчивости концентрации гемоглобина, его фракций и оценки механизма ответной реакции крови мы приводим экспериментальные данные 2004 г., характеризуемого как фаза “пика” популяционного цикла [3], поскольку имеет место межгодовая (2004, 2006, 2007 гг.) изменчивость этих показателей ($R - Pa_{0.152} = 2.78, p \leq 0.004$) и показателей крови. Кроме того, как показано выше, в разные фазы не одинакова структура популяции, каждому состоянию особей свойственны специфические особенности признаков. Влияние пола на показатели не значимо ($R - Pa_{0.567} = 0.56, p \leq 0.73$), данные самцов и самок представлены единой средней.

Изменчивость гематологических показателей, фракций гемоглобина в зависимости от смены сезона рассмотрена у животных каждого репродуктивного состояния, что вполне соответствует известному положению о том, что динамика состава популяции эритроцитов в раннем онтогенезе сложнее, чем в зрелом возрасте, поскольку созревание их модифицируется в зависимости от созревания всего организма. С возрастом меняется локализация эритропоэза, суммарный состав клеток. Эритроциты одной популяции при внешней простоте и кажущейся однородности отличаются друг от друга соотношением разных типов гемоглобина, сродством к кислороду, содержанием метгемоглобина, который увеличивает сродство

остального гемоглобина в той же клетке, а потому вклад разных групп эритроцитов в оксигенацию и газотранспортную функцию не может быть одинаковым [5, 14]. В связи с изложенным важно сопоставить динамику отдельных изоформ гемоглобина с размерами эритроцитов, степенью их гемоглобинизации, состоянием кроветворных органов у животных разного репродуктивно-возрастного состояния в измененных условиях среды.

В крови рыжей полевки нами выделено две фракции гемоглобина, которые нумеровались в порядке уменьшения электрофоретической подвижности. Основную долю (81–87%) составила первая фракция, существенно меньшую (19–13%) – вторая (табл. 2). С помощью трехфакторного многомерного дисперсионного анализа (MANOVA) показано, что концентрация гемоглобина и его фракций изменяется со сменой сезона ($R - Pa_{0.1092} = 5.25, p \leq 0.0001$), в меньшей мере влияет репродуктивное состояние особей ($R - Pa_{0.546} = 2.38, p \leq 0.0529$), не оказывает влияние на показатели пол животных ($R - Pa_{0.546} = 0.73, p \leq 0.601$).

Установлено, что в каждой репродуктивно-возрастной группе на исследуемые показатели возраст животных не влияет ($R - Pa_{0.3141} = 1.41, p > 0.152$), но со сменой сезона изменяется концентрация эритроцитов, что соответствует данным [2], и соотношение долей эритроцитов разного диаметра. Так, у перезимовавших полевок эритроцитов осенью больше, чем летом, в основном “мелких” (с диаметром 4.0 и 3.5 мкм), меньшего объема и с меньшим содержанием гемоглобина, меньше “крупных” клеток (с диаметром 8.9

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа. Средние значения показателей

Показатель	Результаты дисперсионного анализа		Перезимовавшие особи			Неполовозрелые сеголетки		$p < 0.05$	
	$MS_{\text{ост}}$	$F_{4,59}$	Весна (1)	Лето (2)	Осень (3)	Лето (4)	Осень (5)		
Масса тела, г	5.17	40.30	26.4	24.5	25.2	17.3	19.3	1, 2, 3–4, 5	
Возраст, сут	787.53	474.	361	463	514	90	141	не равны все	
Масса селезенки, мг	567.68	10.35	82.0	96.8	60.3	39.4	46.7	1, 2–4, 5	
Индекс селезенки	1.16	3.12	3.1	3.9	2.4	2.3	2.5	1–4	
Клеточность селезенки, млн.	2306.19	5.84	144.0	71.6	89.5	59.1	90.3	1–4	
Костный мозг, млн.	22.68	7.71	15.9	15.9	24.0	13.3	12.4	1–3	
Костный мозг/г массы тела, млн.	0.05	3.19	0.6	0.6	1.0	0.8	0.6	3–1, 4, 5	
Эритроциты, млн.	6.56	10.29	8.7	6.0	11.0	6.3	10.8	2, 4–3, 5	
Эритроциты/г массы тела, млн.	0.02	10.45	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	5–1, 2, 4	
Концентрация эритроцитов с диаметром, млн.	9.6 мкм	0.000	0.687	0.002	0.005	0.009	0.003	0.004	
	8.9 мкм	0.000	1.917	0.013	0.020	0.003	0.009	0.013	
	8.2 мкм	0.002	1.375	0.029	0.063	0.014	0.022	0.020	
	7.5 мкм	0.006	1.091	0.049	0.069	0.036	0.064	0.096	
	6.8 мкм	0.016	0.505	0.156	0.088	0.109	0.138	0.161	
	6.1 мкм	0.043	1.729	0.236	0.365	0.424	0.336	0.419	
	5.4 мкм	0.118	0.404	0.629	0.561	0.600	0.590	0.707	
	4.7 мкм	0.407	4.499	1.856	1.370	1.974	1.333	2.116	4–5
4.0 мкм	0.468	15.919	2.148	1.397	2.918	1.401	2.923	2, 4–3, 5	
3.5 мкм	1.540	9.490	3.556	2.083	4.886	2.409	4.320	2, 4–3, 5	
Средний диаметр, мкм	0.02	3.67	4.2	4.3	4.1	4.3	4.2		
MCV , мкм ³	1397.28	6.85	59.0	94.6	43.9	100.4	45.7	4–5	
MCH , пг	78.95	9.23	20.3	33.8	16.5	30.2	16.1	2, 4–3, 5	
$MCHC$, %	6.90	2.93	34.6	33.9	37.7	36.8	35.3	1–3	
S одного эритроцита, мкм ²	5.65	4.11	34.2	36.6	32.9	36.2	34.0		
Сумма S эритроцитов, мкм ²	9046.43	6.77	297.8	224.8	360.9	229.3	367.7	2–3; 4–5	
E	74.14	8.77	25.3	16.7	33.3	18.9	32.4	2, 4–3, 5	
E /эритроциты/г массы тела	0.19	10.16	1.0	0.7	1.3	1.1	1.7	5–1, 2, 3	
Число животных	64		12	5	6	18	23		

и 8.2 мкм). При этом существенно больше суммарная площадь поверхности мелких эритроцитов, концентрация гемоглобина в клетке (табл. 3). Доли “мелких” клеток коррелированы с площадью поверхности эритроцитов ($r = 0.83$) и величиной E – способностью крови переносить кислород ($r = 0.91$).

Концентрация гемоглобина в крови перезимовавших особей, как и эритроцитов, больше осенью, чем весной и летом. Изменяется и содержание отдельных фракций: от весны к осени повы-

шается доля второй (меньшей) фракции и снижается доля первой (табл. 2). Сопоставляя динамику отдельных изоформ гемоглобина находим, что величины фракций 1 и 2 гемоглобина коррелируют: фракция 1 – весной с массой селезенки ($r = -0.61$); летом – с концентрацией эритроцитов/г массы тела ($r = -0.998$) и осенью – с концентрацией эритроцитов в крови ($r = 0.92$), средним диаметром эритроцита ($r = 0.84$), долей эритроцитов с диаметром 4.7 мкм ($r = 0.87$) и величиной E ($r = 0.83$). Фракция 2 – весной с долей

эритроцитов диаметром 7.5 мкм ($r = 0.58$), летом – с концентрацией эритроцитов ($r = 0.98$), MCV , MCH ($r = -0.99$); осенью – со средним диаметром ($r = -0.84$) и площадью поверхности эритроцитов ($r = -0.84$).

У *неполовозрелых сеголеток* существенно больше осенью, чем летом концентрация мелких эритроцитов: с диаметром 4.7, 4.0 и 3.5 мкм (табл. 3). Доли эритроцитов этих диаметров коррелируют с площадью поверхности эритроцитов ($r = 0.76$, 0.53 и 0.61) и способностью крови переносить кислород ($r = 0.64$, 0.43 и 0.58 соответственно). Летом величина последнего показателя минимальна, когда эритроциты большего объема и с большим содержанием гемоглобина (табл. 3).

Концентрация гемоглобина и его фракций у *неполовозрелых сеголеток* летом и осенью не различимы ($p > 0.05$). Концентрация гемоглобина коррелирует с фракциями 1 и 2 у летних ($r = 0.95$ и $r = 0.72$), и у осенних сеголеток ($r = 0.95$ и $r = 0.57$) и, как видно, в большей мере с фракцией 1, имеющей обратную связь с долей эритроцитов диаметром 7.5 мкм ($r = -0.75$) у летних особей, у осенних – прямую связь с площадью поверхности эритроцитов ($r = 0.46$) и E ($r = 0.59$). У *неполовозрелых сеголеток* по сравнению с весенними перезимовавшими особями соотношение изоформ гемоглобина сдвинуто в сторону большего содержания второй фракции (табл. 2). Одним из наиболее вероятных механизмов изменения гемоглобинового профиля крови можно принять продукцию кроветворными органами эритроцитов с иными качественными свойствами.

Известно, что формы и размеры эритроцитов связаны с газотранспортной функцией клеток [16]. Определяющую роль в оксигенации тканей играет площадь поверхности эритроцитов. Отношение концентрации гемоглобина крови к площади поверхности эритроцита является более информативным показателем, чем концентрация гемоглобина в крови, которая практически одинакова у многих видов млекопитающих [17]. В пользу гипотезы образования новых клеток с измененным соотношением изоформ гемоглобина свидетельствует более высокий уровень концентрации гемоглобина в крови, эритроцитов с диаметром ниже среднего, концентрации клеток в костном мозге при этом в большей мере у перезимовавших осенью (табл. 3).

Если принять, что роль *неполовозрелых сеголеток* как более устойчивых к воздействию внешних факторов [10, 11] сводится к сохранению популяции в экстремальных условиях, то разные выборки зимующих особей можно считать неразличимыми. Однако по ряду морфофизиологических и гематологических показателей в разные годы они различаются [4]. Выявленные различия могут быть обусловлены не одинаковыми усло-

виями обитания в разные зимы, в том числе разной плотностью популяции.

С целью подтверждения выявленного изменения фракций гемоглобина проведен сравнительный анализ показателей *неполовозрелых сеголеток* осенней выборки 2004 и 2006 гг., характеризуемых как годы “пика” и “роста” плотности популяции, со стационарной территории, а также у особей 2006 г. с территории, расположенной в 7 км от стационарной. Установлено, что в зависимости от года (2004 и 2006 гг.) не изменяется статистически значимо концентрация эритроцитов (57 и 58 тыс/г массы тела), гемоглобина в крови (16.91 и 16.65 г % соответственно). Однако, с помощью дисперсионного анализа выявлены различия ($R - P_{ao} = 4.10$, $p \leq 0.008$) на уровне клеток: в эти годы не одинаковы ($p < 0.03$) объем эритроцитов (45.3 против 36.9 мкм³), содержание (16.0 против 14.2 пг) и концентрация гемоглобина в эритроците (35.3 против 38.7%), а также содержание фракций гемоглобина: первой (82.31 против 85.21%, $p < 0.007$) и второй (относительное 17.69 против 15.16%, $p < 0.016$ и абсолютное 3.02 против 2.42 г %, $p < 0.002$). Сопоставив показатели гемоглобина особей полученных в 2006 г. со второй территории с показателями особей 2004 и 2006 гг. стационарной территории, выявили схожесть концентрации гемоглобина в крови (16.49 г %), но различное содержание фракций гемоглобина и первой (87.2%), и второй (12.8%). В порядке возрастания концентрации гемоглобина и фракции 2, убывания относительного содержания фракции 1 полученные величины в зависимости от территории располагаются: отстоящая в 7 км (2006 г.), стационарная 2006 г., стационарная 2004 г.

Таким образом, сравнительный анализ данных *неполовозрелых особей*, полученных в разные годы и с разных территорий подтвердил изменчивость содержания отдельных фракций, но не общей концентрации гемоглобина в крови, подверженных, по-видимому, влиянию других, более отягощающих факторов, чему обязано поддержание кислородтранспортной функции крови, как и гомеостаза всего организма.

Ряд авторов считает [12], что одним из постоянно и длительно действующих механизмов приспособления является повышение содержания гемоглобина в эритроцитах, наблюдаемое в условиях высокогорья. Данный феномен нами отмечен у перезимовавших и *неполовозрелых животных* летом, когда отмечена более высокая площадь поверхности эритроцита, более низкая концентрация фракций 1 и 2, при этом у перезимовавших особей статистически различимая. От весны к осени у перезимовавших существенно увеличивается содержание фракции 2 (табл. 2). Можно допустить, что данная фракция обладает особыми газотранспортными свойствами и имеет функци-

ональное значение в условиях напряжения компенсаторных механизмов, особенно ярко проявляющихся у старых перезимовавших животных.

Подобные наблюдения есть в литературе, где отмечено, что при воздействии экстремальных факторов или патологических состояниях у взрослых людей изменение кислородного режима ведет к повышению содержания фетального гемоглобина, сродство к кислороду которого в среднем на 15% выше, чем гемоглобина А (цит. по [1]). Вероятно и в основе наблюдаемого нами явления лежит поступление в кровотоки эритроцитов с новыми качественными свойствами. Действительно, осенью концентрация “мелких” эритроцитов максимальна, что повлекло увеличение суммарной площади поверхности, способности переносить кислород единицей объема крови, отчетливо заметное у неполовозрелых сеголетов при нормированной к массе тела концентрации эритроцитов (табл. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, мы сталкиваемся с тем, что сезонная изменчивость “красной” крови заключается не только в изменении концентрации эритроцитов и гемоглобина, но и качественной ее перестройке, направленной на оптимизацию транспорта газов. Описанная реакция имеет выраженные особенности связанные с репродуктивным состоянием животных. У перезимовавших особей поддержание дыхательной функции крови затрагивает изменения, протекающие и на молекулярном уровне, у неполовозрелых сеголетов в равных условиях оно в большей мере обязано увеличению диффузионной поверхности эритроцитов за счет увеличения концентрации “мелких” эритроцитов при менее выраженном изменении качественных особенностей клеток. Увеличение доли “мелких” эритроцитов в осенне-зимний период вполне объяснимо с позиций общего физико-химического закона: чем более мелкодисперсная среда, тем больше площадь соприкосновения двух фаз, выше скорость диффузии. Т.е. морфологическая дифференциация эритроцитов, как и возрастание фракции 2 гемоглобина, тесно связана со способностью крови транспортировать газы, обуславливая более высокую кислородную емкость и более эффективное обеспечение организма кислородом.

Установленная сезонная изменчивость ряда показателей протекает с присущими каждому репродуктивному состоянию животных особенностями, которые отражают адаптивный ответ системы крови. Увеличение площади поверхности эритроцитов, обусловленной возрастанием концентрации эритроцитов малого диаметра (4.7–3.5 мкм), коррелирующих с клеточностью костного мозга ($r = 0.63$), а также связь фракций гемоглобина с диаметром эритроцитов, массой селе-

зенки дает основание полагать, что фракция 2 гемоглобина свойственна “мелким” эритроцитам. Выявленные количественно-структурные особенности эритроцитов – главных носителей гемоглобина наряду с изменчивостью разных его фракций отражают не только физиологический механизм поддержания концентрации гемоглобина в крови, но и имеют значение в решении вопросов гомеостаза организма в измененной среде.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 06-04-48359.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авцын А.П., Марачев А.Г.* // Вестн. АМН СССР. 1994. № 10. С. 49.
2. *Брауде С.Г., Махонина К.А.* // Лечение на курортах Забайкалья: Сб. науч.-практ. работ. Чита: Центр. курорт. упр. профсоюзов, 1974. Вып. 5. С. 24.
3. *Давыдова Ю.А., Кишняев И.А.* // Тез. докл. Сиб. зоол. конф. Новосибирск, 15–22 сент. 2004 г. Новосибирск, 2004. С. 244.
4. *Давыдова Ю.А., Тарахтий Э.А.* // Экологические исследования в Висимском биосферном заповеднике: Матер. науч. конф., посвященной 35-летию Висимского заповедника, (Екатеринбург, 2–3.10.2006 г.). Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд-во, 2006. С. 144.
5. *Клиорин А.И., Тиунов Л.А.* Функциональная неравнозначность эритроцитов. Л.: Наука, 1974. 148 с.
6. *Коржуев П.А.* Гемоглобин. М.: Наука, 1964.
7. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / Под ред. В.В. Меньшикова. М.: Медицина, 1987. 368 с.
8. Начала физиологии / Под ред. А.Д. Ноздрачева. СПб.: Лань, 2002. 1088 с.
9. *Оленев Г.В.* // Экология. 1989. № 2. С. 19
10. *Оленев Г.В.* // Экология. 2002. № 5. С. 341.
11. *Оленев Г.В., Григоркина Е.Б.* // Экология. 1998. № 6. С. 447.
12. *Разумникова О.М., Шандаулов А.Х., Мажбич Б.И.* // Бюлл. exper. биол и мед. М.: Медицина, 1989. Т. CV11. № 5. С. 526.
13. *Тарахтий Э.А., Давыдова Ю.А.* // Изв. РАН. Сер. Биол. 2007. № 1. С. 14.
14. Физиология системы крови. Физиология эритропоэза. Л.: Наука, 1979. 360 с.
15. *Шварц С.С.* // Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
16. *Kostelecka-Myrcha A.* // Acta Theriol. 1973. V. 18. Suppl. 1. P. 1.
17. *Kostelecka-Myrcha A.* // Acta Theriol. 2002. V. 47. Suppl. 1. P. 209.

Variability of Red Blood Characteristics in Bank Vole (*Clethrionomys glareolus*) Related to Season and Reproductive Status of Its Individuals

E. A. Tarakhtii¹, M. N. Sumin², Yu. A. Davydova¹

¹*Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Division, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia*

²*Institute of Immunology and Physiology, Ural Division, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia*

Some quantitative structural indices of erythrocytes, concentration of hemoglobin and its fractions, the number of cells in bone marrow and spleen in mature and immature bank vole individuals were investigated in different seasons. The variation of the ratio between erythrocytes with different diameters, surface area and hemoglobin fraction, and cells of blood-producing organs inherent to every reproductive state of individuals were found related to season.