

УДК 599.323.4:591.54:591.111

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ КРОВИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*Clethrionomys glareolus*) РАЗНОГО РЕПРОДУКТИВНОГО СОСТОЯНИЯ

© 2007 г. Э. А. Тарахтий, Ю. А. Давыдова

Институт экологии растений и животных УрО РАН,
620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

E-mail: tar@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 08.09.2005 г.

В разные сезоны года исследованы показатели крови и кроветворной ткани европейской рыжей полевки разного репродуктивного состояния. В сезонной динамике показателей выявлен ряд типичных для каждого состояния особенностей, отражающих адаптивный ответ на изменение условий обитания.

Исследование механизмов адаптации организма животных к факторам среды представляет одно из актуальных направлений экологической физиологии. 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 тем самым ее устойчивое существование. В результате многолетних стационарных наблюдений в Висимском заповеднике (Давыдова, Кшнясев, 2004) установлены особенности межгодовой и сезонной динамики демографической структуры популяции европейской рыжей полевки, которые заключаются в смене поколения перезимовавших животных физиологически неоднородным поколением сеголеток. Часть сеголеток созревает, вступает в размножение и обеспечивает прирост популяции в год своего рождения, другая остается неполовозрелой до следующего сезона размножения. Эта постепенная закономерная смена поколений происходит в течение репродуктивного периода, обеспечивая существование популяции. Неполовозрелые особи по сравнению с половозрелыми более устойчивы к влиянию внешних факторов (Оленев, 1989; Оленев, Григоркина, 1998), отличаются и по ряду показателей системы крови (Тарахтий и др., 2005). Выявленные различия ряда признаков между особями разного репродуктивного состояния дают основание предположить наличие особенностей и в механизме их адаптивных реакций на воздействующие факторы.

При исследовании механизмов устойчивости популяции одним из подходов может быть изучение кроветворной системы, прямо или опосредованно реагирующей на изменения среды. В процессе эво-

люции снабжения организма кислородом ведущую роль играли изменения структуры и функции эритроцитов (Калабухов, 1969), тесно связанных с энергетическим обменом, который является главным звеном в адаптации (Баевский, 1979).

Популяция эритроцитов разнородна (Клиорин, Тиунов, 1974). Исследование признаков эритроцитов таких, как количество, размеры и форма, отношение концентрации гемоглобина в крови к площади поверхности эритроцита позволяет характеризовать состояние кроветворения (Гольдберг, Левина, 1969), интенсивность связывания кислорода гемоглобином (Kostelecka-Murca, 1967; 2002), прогнозировать устойчивость организма (Клиорин, Тиунов, 1974), характеризовать состояние животных, обитающих на территории ВУРСа (Тарахтий, Кардолина, 1995), индивидуальное здоровье населения с загрязненных радионуклидами территорий Калужской области и ликвидаторов, наряду с возможностью выделения популяций детей и взрослых с нарушениями в системе крови, не выявляемых традиционными лабораторными методами исследования (Цыб и др., 1996). Исследование комплекса количественно-морфологических показателей крови и кроветворной ткани способствует выявлению механизмов ее функционирования под влиянием природных или антропогенных факторов (Комар, 1992; Козинец и др., 1993).

Известно, что показатели крови у мелких млекопитающих колеблются в широких пределах. Например, у рыжей полевки число лейкоцитов в 1 мкл крови составляет 1–5 тыс., эритроцитов – 6.0–9.5 млн., концентрация гемоглобина – 12.0–22.1 г %, величина гематокрита – 47.1–53.3%. Большую вариабельность средних значений этих показателей связывают с возрастом животных, условиями мест обитания, временем года (Истоми-

на и др., 1971; Барагунова, 1994; Ковальчук, Ястребов, 2003). Изменчивость показателей может быть связана и с репродуктивным состоянием животных (Чернявский, Лазуткин, 2004; Тарахтий и др., 2005). Оценка признаков системы крови, с одной стороны, может характеризовать реакцию организма на изменяющиеся условия среды обитания, с другой – характеризовать эти условия.

Задача настоящего исследования – оценить показатели крови и кроветворной ткани европейской рыжей полевки разного репродуктивного состояния в зависимости от сезона года, выявить особенности изменчивости показателей у этих животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом изучения выбрана европейская рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) – доминирующий вид в сообществе мелких млекопитающих, доля которого в отловах в отдельные годы колеблется от 29 до 100% (Оленев, 1989; Давыдова, 2004). Отловы проводили в мае, июле, сентябре 2003 и 2004 г. и в феврале 2004 г. с помощью живоловок по методу (Карасева, Телицина, 1996) в коренных пихтово-еловых лесах Висимского государственного природного биосферного заповедника (южная темнохвойная тайга, Средний Урал, Сутукский низкогорно-кряжевый район, GPS (Global positioning system) – координаты: 57°22' с.ш., 59°46' в.д., 538 м у.м.).

У каждой особи через 2–3 сут после доставки животных в лабораторию определяли массу тела, пол, состояние генеративных органов (масса и размеры семенников, их тургор, наполненность эпидидимиса, величина семенных пузырьков у самцов, влажалище, размеры матки, наличие плацентарных пятен, эмбрионов, желтых тел в яичниках и др. у самок), морфофизиологические показатели (Шварц и др., 1958), календарный возраст по возрастным изменениям зубов (Оленев, 1989). Животных классифицировали по трем группам: перезимовавшие, сеголетки половозрелые и сеголетки неполовозрелые. Гематологические показатели оценены у 112 особей (табл. 1). В анализ не включены беременные самки и молодые особи с массой тела менее 15 г.

Наряду с традиционно исследуемыми гематологическими показателями (количество лейкоцитов, эритроцитов, концентрация гемоглобина в крови – *Hb*, величина гематокрита – *HT*, форменные элементы крови) определяли число клеток костного мозга в диафизе бедренной кости с помощью камеры Горяева, долю эритроцитов разного диаметра (в диапазоне 3.5–8.9 мкм, всего 10 точек) с помощью Celloscope 401 (фирма “Lars Yungberg & Co”, Швеция) по методу прилагаемому к прибору. Вычисляли средний диаметр (*D*), объем (*MCV*),

площадь поверхности эритроцитов (*S*), содержание (*MCH*) и концентрацию гемоглобина (*MCHC*) в эритроците (Лабораторные методы..., 1987), способность переносить кислород единицей объема крови (*E*; Kosteleska-Murtha, 1973) и единицей объема крови с нормированным на массу тела количеством эритроцитов (*E*, эр/г массы тела). Число эритроцитов и клеток костного мозга наряду со стандартной еще представлено нормированной на массу тела величиной, поскольку известно, что их количество изменяется с возрастом (Юшкова и др., 1999).

Данные обрабатывали с помощью методов дискриминантного и дисперсионного анализа, реализованных с помощью пакета статистических программ “Statistica for Windows. Версия 6.0”. Для всех статистических тестов принят 5%-ный уровень значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате многолетних стационарных исследований плотности и демографической (половозрастной) структуры популяции европейской рыжей полевки Висимского заповедника установлены закономерные циклические сезонные и межгодовые изменения этих параметров. Структура популяции в каждый сезон специфична для ее фазы: “роста”, “пика” или “депрессии”, составляющих трехлетний цикл. В популяции рыжей полевки, пребывающей в 2004 г. в фазе “пика”, отсутствуют половозрелые сеголетки, их максимум отмечен на фазе “роста”, каким был 2003 г. (Давыдова, 2004; Давыдова, Кшнясев, 2004).

По совокупности изучаемых показателей с помощью дискриминантного анализа установлена неравнозначность групп полевок ($F_{(190,926)} = 3.468$, $p < 0.001$; табл. 1), несмотря на увеличение внутригрупповой изменчивости при объединении данных полученных на самцах и самках. Согласно классификационной матрице 78% всех животных соответствуют априорной классификации. При этом в группах 1, 5, 10 отмечено соответствие равное 90–100%, в группах 7, 8, 2 – 54–42%. Перезимовавшие особи (3), не отличимые по комплексу признаков от половозрелых сеголеток (6, 7, 8), как и половозрелые (6) от перезимовавших (3, 4, 5), не могут быть представлены единой выборкой, поскольку группы животных 6, 7, 8 и 3, 4, 5 различаются между собой.

С помощью дисперсионного анализа установлено влияние на показатели сезона года ($R\text{-Paо}_{(75,553)} = 4.436$, $p < 0.001$) и репродуктивного состояния особей ($R\text{-Paо}_{(50,370)} = 4.328$, $p < 0.001$, где $R\text{-Paо}$ – показатель проверки гипотезы о векторах средних). На этом основании изменчивость отдельных признаков в зависимости от сезона года далее рассматри-

Таблица 1. Результаты дискриминантного анализа. Структура и число животных в анализе, сроки исследования

Животные Сроки отлова	Перезимовавшие					Сеголетки					
						половозрелые			неполовозрелые		
	05.2003 г.	07.2003 г.	05.2004 г.	07.2004 г.	09.2004 г.	05.2003 г.	07.2003 г.	09.2003 г.	07.2004 г.	09.2004 г.	02.2004 г.
Число животных	2	1	12	5	5	3	11	12	19	24	18
Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
1		2.55*	1.04	1.34	1.06	0.76	1.29	1.27	1.64	2.08*	1.16
2	106.75		3.48*	3.48*	3.60*	2.55*	3.64*	3.80*	4.22*	4.74*	4.35*
3	23.29	78.21		2.26*	2.09*	0.93	2.41*	2.08*	6.24*	8.46*	4.50*
4	35.02	91.10	15.25		2.98*	1.81*	2.01*	2.15*	3.05*	3.42*	3.91*
5	27.74	94.39	14.08	31.21		1.24	2.24*	2.92*	3.49*	3.94*	2.34*
6	23.77	80.29	11.09	28.54	19.50		1.23	1.13	1.68	2.45*	1.48
7	29.86	83.91	8.67	14.73	16.47	15.45		2.40*	5.00*	6.79*	4.71*
8	29.05	86.95	7.07	15.34	20.87	14.03	9.62		1.68	4.72*	3.12*
10	35.37	91.20	13.44	17.99	20.60	18.71	13.63	4.30		3.76*	4.96*
11	45.99	105.01	22.52	21.90	25.23	28.50	22.15	14.49	6.84		5.01*
12	25.42	95.16	10.84	24.06	14.40	16.82	14.16	8.79	7.78	10.41	

Примечание. Под диагональю – квадрат расстояния Махаланобиса, над диагональю – $F_{(190..926)}$ критерий.

* $p < 0.05$ (для табл. 1–4).

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа, средние величины показателей у перезимовавших полевок

Показатель	Результат дисперсионного анализа		Сезон			$p < 0.05$
	$MS_{\text{остат}}$	$F_{(2,19)}$	весна (1)	лето (2)	осень (3)	
Масса тела, г	5.06	1.50	26.4	24.5	25.0	
Возраст, дни	15.94	30.32*	362	463	513	1–2, 3
Масса селезенки, г	1293.76	1.13	82.0	96.8	62.8	
Индекс селезенки	1.96	1.29	3.1	3.9	2.5	
Костный мозг, млн.	23.82	6.94*	15.93	15.86	25.16	3–1, 2
Костный мозг, млн./г	0.04	8.17*	0.61	0.65	1.01	3–1, 2
Лейкоциты, тыс.	2.87	1.22	2.28	3.59	3.16	
Эритроциты, млн.	6.47	5.77*	8.67	6.04	11.50	3–1, 2
Эритроциты, млн./г	0.01	5.36*	0.33	0.25	0.46	3–1, 2
D 9.6 мкм, %	0.01	1.95	0.02	0.09	0.09	
D 8.9 мкм, %	0.06	2.29	0.14	0.36	0.03	
D 8.2 мкм, %	1.27	1.53	0.35	1.26	0.12	
D 7.3 мкм, %	0.10	6.95*	0.54	1.03	0.32	2–1, 3
D 6.8 мкм, %	1.19	0.68	1.63	1.46	0.96	
D 6.1 мкм, %	2.19	5.41*	2.78	5.37	3.60	2–1, 3
D 5.4 мкм, %	11.32	0.91	7.05	8.19	5.36	
D 4.7 мкм, %	21.48	1.59	21.31	22.83	17.81	
D 4 мкм, %	19.29	2.06	24.94	22.35	27.98	
D 3.5 мкм, %	45.23	1.45	41.31	36.60	43.61	
Средний D , мкм	0.01	5.76*	4.19	4.33	4.10	2–1, 3
S , мкм ²	3.30	5.67*	34.2	36.6	32.8	2–1, 3
MCV , мкм ³	945.61	3.86*	59.0	94.6	42.4	2–1, 3
MCH , пг	121.56	3.68*	20.3	33.8	16.2	2–1, 3
$MCHC$, %	10.87	2.77	34.6	33.8	38.3	
Hb , г %	2.14	6.16*	16.4	15.0	18.2	3–1, 2
HT , %	20.17	0.71	47.3	44.7	47.6	
E	84.18	5.30*	25.3	16.7	35.4	2–3
E , эр/г массы тела	0.12	5.95*	0.91	0.69	1.42	3–1, 2

Примечание. $MS_{\text{остат}}$ – остаточный средний квадрат; D – диаметр эритроцита; S – площадь поверхности эритроцита; MCV – средний объем эритроцита; MCH – содержание гемоглобина в эритроците; $MCHC$ – концентрация гемоглобина в эритроците; Hb – концентрация гемоглобина в крови; HT – гематокрит; E – перенос кислорода единицей объема крови (для табл. 2–4).

вается у полевок каждого репродуктивного состояния.

Известно влияние возраста на гематологические показатели у людей и животных (Юшков и др., 1999). Изменение показателей системы крови рыжей полевки в зависимости от возраста оценено для каждого репродуктивного состояния с помощью модели ковариационного анализа, где возраст – ковариата, фактор – сезон. Установлено его влияние только на массу ($b = 0.548$, $s.e.(b) = 0.204$, $\beta = 0.61$, $t_{17} = 2.68$) и индекс ($b = 0.024$, $s.e.(b) = 0.007$, $\beta = 0.676$, $t_{17} = 3.167$) селезенки у перезимовавших особей, в дальнейшем в качестве фактора мы рассматриваем сезон года.

Среди перезимовавших животных – основной составляющей популяцию в весенне-летний период 2004 г., изменчивость показателей в зависимости от сезона ($R\text{-}P_{(23,27)} = 3.89$, $p < 0.001$) носит качественный и количественный характер (табл. 2). У летних особей меньше, чем у весенних и осенних число эритроцитов, концентрация гемоглобина в крови, способность переносить кислород единицей объема крови (E). При этом такие показатели, как D , S и MCV выше за счет большей доли клеток с диаметром 7.3 мкм, 6.1 мкм и меньшей – с диаметром 4 мкм ($p < 0.1$). У осенних особей число эритроцитов максимальное, клетки в основном “мелкие” (72% с диаметром 3.5 и 4.0 мкм, у весенних 66%, у

летних 59%), короткоживущие, меньшего объема и с меньшим содержанием гемоглобина (*МСН*). У этих животных максимально число клеток костного мозга и концентрация гемоглобина в эритроците (*МСНС*). Выявленные сезонные изменения признаков, можно полагать, отражают адаптивную реакцию системы крови у перезимовавших животных, направленную на поддержание физиологического обеспечения тканей кислородом.

Полученные результаты в отличие от данных других авторов (Большаков и др., 1984) свидетельствуют о том, что у перезимовавших полевок содержание гемоглобина в крови коррелирует с числом эритроцитов. Прямая связь выявлена у весенних ($r = 0.45$) и осенних ($r = 0.56$) особей, а у летних – прочная обратная связь концентрации гемоглобина с общим числом эритроцитов ($r = -0.79$) и долей клеток диаметром 6.1 мкм ($r = -0.92$), коррелирующих в свою очередь с кислородной емкостью крови (E ; $r = 0.91$).

Перезимовавших весенних и летних полевок 2003 г. различает лишь меньшая величина гематокрита у летних (39.8 против 50%, $p < 0.05$), что может быть связано с изменением объема жидкой фракции крови (Темботова и др., 1990). Кроме того, у летних животных заметна тенденция к увеличению числа эритроцитов (17.4 против 8.3 млн./мкл), массы (666 против 42 мг) и индекса (21 против 1.5) селезенки.

Перезимовавшие особи и половозрелые сеголетки в функциональном отношении схожи и классифицируются как размножающиеся. У половозрелых сеголеток – основной составляющей популяцию на фазе “роста” 2003 г. (Давыдова, 2004), также установлено влияние на показатели сезона года ($R\text{-Paо}_{(120,232)} = 7.224$, $p < 0.001$). У летних особей по сравнению с осенними значительно больше эритроцитов, по сравнению с весенними меньше величина гематокрита, а от весны к осени плавно убывает доля клеток диаметром 6.8 мкм (табл. 3). Эритроциты летних полевок при минимальных величинах объема и содержания гемоглобина в клетке ($p < 0.05$) обеспечивают наибольший перенос кислорода единицей объема крови (E). По-видимому, это обеспечивается за счет большего их числа.

Анализируя сезонную изменчивость показателей половозрелых сеголеток и перезимовавших животных можно отметить меньшее число изменяющихся показателей у сеголеток, различную динамику ряда показателей от весны к осени, чем, вероятно, обусловлены наблюдаемые различия соответствующих показателей особенно заметные между осенними выборками животных. Так, у перезимовавших осенних особей больше, чем у половозрелых осенних сеголеток число эритроцитов и клеток в костном мозге, выше концентрация гемоглобина в крови и в эритроците.

Можно полагать, что различие показателей связано с разной длительностью репродуктивного периода – на фазе “роста” численности популяции (2003 г.) отмечено размножение животных в зимний период, о чем свидетельствуют и доли особей в структуре популяции при сопоставимой ее численности в 2003 и 2004 г. (Давыдова, Кшнясев, 2004). Возможно также, что показатели, характерные для перезимовавших осенних полевок, присущи стареющему организму, когда с возрастом уменьшается масса тела ($r = -0.97$). Либо это свойственный этим животным адаптивный ответ на факторы среды обитания.

Установлено влияние сезона года и на исследуемые показатели у неполовозрелых особей 2004 г. ($R\text{-Paо}_{(46,66)} = 3.835$, $p < 0.001$), влияние пола незначимо ($R\text{-Paо}_{(23,33)} = 0.864$, $p < 0.637$). Среди эритроцитов разного диаметра в сезонной динамике различимы доли клеток диаметром 5.4 и 4.7 мкм – у осенних особей их меньше, чем у летних (табл. 4). К осени содержание эритроцитов других диаметров проявляет тенденцию к снижению и статистически значимо отличается от показателей февральских животных (диаметром 4 и 3.5 мкм – 77 против 60%; диаметром выше среднего – 23 против 39%). Вследствие изменения соотношения долей эритроцитов разного диаметра у зимних особей величины среднего диаметра и площади поверхности эритроцитов минимальны (табл. 4), что соответствует имеющимся в литературе данным (Kostelecka-Myrcha, 1967; Wolk., Kozlowski, 1989; Обыкновенная ..., 1994; Барагунова, 1994). При этом, в данных литературы сезонная изменчивость показателей рассмотрена на популяции в целом, без выделения физиолого-функциональных групп, а в осенний период в популяции, как известно, преобладают неполовозрелые особи. У осенних и зимних животных в сравнении с летними, больше эритроцитов (общее число и рассчитанное на грамм массы тела), выше способность переносить кислород единицей объема крови (E), больше клеток в костном мозге бедренной кости. Последний показатель, отнесенный к единице массы тела (г), от лета к зиме проявляет тенденцию к снижению (0.76 млн/г, 0.65, 0.59 млн/г, $p > 0.05$), что можно связать с нарастающей массой тела или ускоренным выходом клеток в кровь (табл. 4). Корреляция содержания гемоглобина в крови у осенних особей с числом эритроцитов ($r = 0.47$), а у зимних – с содержанием ($r = 0.54$) и концентрацией ($r = 0.55$) гемоглобина в эритроците подтверждает специфичный адаптивный ответ этих животных на изменение условий среды. Содержание гемоглобина в крови, масса и индекс селезенки в зависимости от сезона у этих животных статистически значимо ($p > 0.05$) не изменяются.

У неполовозрелых особей 2003 г., группы которых различимы между собой ($R\text{-Paо}_{(23,51)} = 5.883$, $p < 0.001$), сезонная изменчивость показателей так-

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа, средние величины показателей у половозрелых сеголеток

Показатель	Результат дисперсионного анализа		Сезон			$p < 0.05$
	$MS_{\text{остат}}$	$F_{(2,24)}$	весна (1)	лето (2)	осень (3)	
Масса тела, г	12.00	1.72	25.7	22.35	21.51	
Возраст, дни	271.5	8.97*	82	65	94	2–3
Масса селезенки, г	23117.41	0.52	66.7	73.25	122.41	
Индекс селезенки	42.56	0.37	2.0	3.28	5.53	
Костный мозг, млн.	27.18	2.04	18.43	17.36	13.45	
Костный мозг, млн./г	0.06	1.19	0.71	0.79	0.62	
Лейкоциты, тыс.	0.87	7.49*	3.73	3.46	2.15	3–1
Эритроциты, млн.	12.37	5.64*	9.20	11.10	6.17	2–3
Эритроциты, млн./г	0.03	4.61*	0.36	0.51	0.29	2–3
D 9.6 мкм, %	0.05	1.14	0.27	0.07	0.08	
D 8.9 мкм, %	0.02	0.02	0.10	0.08	0.09	
D 8.2 мкм, %	0.07	0.09	0.15	0.20	0.22	
D 7.3 мкм, %	0.25	0.81	0.48	0.64	0.38	
D 6.8 мкм, %	0.64	4.70*	2.24	1.22	0.68	1–3
D 6.1 мкм, %	9.31	0.80	2.39	3.90	2.38	
D 5.4 мкм, %	14.68	0.84	6.13	7.46	5.41	
D 4.7 мкм, %	19.19	0.75	15.19	18.54	17.20	
D 4.0 мкм, %	37.49	0.42	22.09	23.11	24.99	
D 3.5 мкм, %	77.91	1.61	51.32	43.14	48.54	
Средний D , мкм	0.04	0.33	4.1	4.19	4.14	
S , мкм ²	23.62	0.06	34.4	36.14	33.33	
MCV , мкм ³	544.10	9.72*	57.31	41.35	84.15	2–3
MCH , пг	61.82	7.29*	18.93	15.37	27.80	2–3
$MCHC$, %	11.61	5.45*	32.80	37.42	33.31	2–3
Hb , г %	1.72	0.90	16.53	15.64	15.36	
Ht , %	25.38	3.84*	50.67	42.37	46.55	1–2, 3
E	16118.45	4.5*	26.04	31.46	16.38	2–3
E , эр/г массы тела	3644.33	3.65*	101.06	144.74	76.61	2–3

же проявляется в соотношении долей эритроцитов разного диаметра: у летних особей больше клеток с диаметром 7.3–5.4 мкм, но меньше с диаметром 3.5 мкм, что в целом сопоставимо с данными для неполовозрелых животных, отловленных в 2004 г.

Анализируя сезонную изменчивость показателей крови по данным других авторов (Обыкновенная..., 1994), мы не обнаружили корреляции концентрации гемоглобина в крови ни с числом эритроцитов ($r = 0.47$), ни с их диаметром ($r = -0.45$). По нашим результатам у всех перезимовавших полевок величина гемоглобина имеет связь и с числом эритроцитов ($r = 0.96$), и с их диаметром ($r = 0.97$), а у половозрелых сеголеток – только с диаметром эритроцитов ($r = 0.97$). Сравнивая приведенную в качестве примера сезонную изменчивость числа эритроцитов по данным литературы (Обыкновен-

ная полевка..., 1994) и средние данные для перезимовавших особей и половозрелых сеголеток, полученные при их объединении (рис. 1), видим, что она сопоставима как по величине, так и по динамике, но отличается от таковой для перезимовавших особей и половозрелых сеголеток. Отмеченные различия скорее всего свидетельствуют о наличии особенностей адаптивной реакции к изменяющимся условиям у животных разного репродуктивного состояния, учет которого может помочь пониманию механизма этих реакций.

Исследовано содержание форменных элементов крови у половозрелых сеголеток, отловленных в 2003 г., когда популяция полевок пребывала в фазе “роста”. Среди перезимовавших особей разных сезонов отлова не выявлено различий в соотношении клеток “белой” крови. У поло-

Таблица 4. Результаты дисперсионного анализа. Средние величины показателей у неполовозрелых сеголеток

Показатель	Результат дисперсионного анализа		Сезон			$p < 0.05$
	$MS_{\text{остат}}$	$F_{(2,58)}$	лето (1)	осень (2)	зима (3)	
Масса тела, г	6.24	27.02*	17.1	19.6	23.1	1–2–3
Возраст, дни	3061.4	62.32*	90	157	292	1–2–3
Масса селезенки, г	295.25	1.48	38.6	46.7	39.5	
Индекс селезенки	0.89	2.89	2.3	2.4	1.7	
Костный мозг, млн.	18.67	0.21	13.05	12.64	13.53	
Костный мозг, млн./г	0.05	3.22*	0.76	0.65	0.59	1–3
Лейкоциты, тыс.	8.75	4.75*	4.55	3.20	1.56	1–3
Эритроциты, млн.	9.30	17.95*	6.15	10.69	11.70	1–2, 3
Эритроциты, млн./г	0.03	8.14*	0.36	0.56	0.51	1–2, 3
D 9.6 мкм, %	0.01	0.46	0.05	0.03	0.03	
D 8.9 мкм, %	0.01	6.95*	0.14	0.12	0.02	3–1, 2
D 8.2 мкм, %	0.05	3.25*	0.35	0.18	0.20	
D 7.3 мкм, %	0.61	4.71*	0.97	0.86	0.24	3–1, 2
D 6.8 мкм, %	1.14	9.12*	2.09	1.48	0.60	3–1, 2
D 6.1 мкм, %	2.90	9.20*	4.96	3.87	2.56	1–3
D 5.4 мкм, %	6.25	14*	9.06	6.61	4.73	1–2, 3
D 4.7 мкм, %	15.31	15.02*	21.58	19.54	14.71	1–2, 3
D 4.0 мкм, %	28.47	3.45*	23.05	27.11	23.98	
D 3.5 мкм, %	50.49	24.78*	37.89	40.19	53.06	3–1, 2
Средний D , мкм	0.02	23.07*	4.3	4.2	4.0	1–2–3
S , мкм ²	5.31	21.38*	36.2	34.0	31.2	1–2–3
MCV , мкм ³	1229.62	17.10*	102.5	45.9	45.8	1–2, 3
MCH , пг	55.81	26.99*	31.1	16.2	15.6	1–2, 3
$MCHC$, %	11.45	1.82	36.6	35.3	34.6	
Hb , г %	1.47	1.86	16.2	16.9	16.3	
HT , %	56.06	0.94	44.5	45.6	47.8	
E	79.50	12.33*	18.5	32.0	30.4	1–2, 3
E , эр/г массы тела	0.24	7.71*	1.1	1.7	1.3	1–2

возрелых летних сеголеток максимально число сегментоядерных нейтрофилов (15%) и минимально – лимфоцитов (71%), что статистически значимо отличается от соответствующих показателей для неполовозрелых осенних особей (6 и 83%). В крови у неполовозрелых летних и осенних сеголеток число лимфоцитов не различается, а нейтрофильных лейкоцитов (палочкоядерных, метамиелоцитов, миелоцитов) больше у летних особей, выше у них и величина отношения палочкоядерных к сегментоядерным (0.25 против 0.15 у осенних). Малочисленные доли остальных типов клеток статистически не различимы.

В целом в соотношении клеток “белой” крови у летних сеголеток отмечен “сдвиг влево”, заметно больше лейкоцитов, что характерно и для дру-

гих видов мелких грызунов (Обыкновенная..., 1994), поскольку в летний период они более подвержены влиянию инфекций и инвазий. К осени содержание нейтрофилов убывает, а число лимфоцитов возрастает (с 71 до 83%, $p < 0.05$) до неразличимых величин у неполовозрелых особей (83% у летних и 87% у осенних) которое, по-видимому, неслучайно. Лимфоциты – не только клетки с иммунными свойствами. Многократно подтверждено их стимулирующее влияние на пролиферацию и дифференцировку стволовых гемопоэтических клеток (Ястребов и др., 1988; Юшков и др., 1999; Черешнев и др., 2002), а в условиях экспериментальной гипоксии они стимулируют пролиферацию эритроидного ростка костного мозга (Черешнев и др., 2002), что может



Рис. 1. Концентрация эритроцитов в крови у самцов (1) и самок (2) полевок в разные сезоны года по данным литературы (Обыкновенная ..., 1994) и настоящего исследования для перезимовавших особей (3), половозрелых сеголеток (4); (5) – средняя для перезимовавших особей и половозрелых сеголеток.

иметь место и в условиях низких температур. Кроме того, число лимфоцитов у самцов связано с содержанием тестостерона (Мошкин, 2004), характеризующего репродуктивную функцию. Изменение соотношения форменных элементов крови в зависимости от сезона обусловило заметное возрастание у осенних половозрелых и неполовозрелых животных величины отношения числа лимфоцитов к числу нейтрофильных лейкоцитов (с 5.6 до 12.5 и с 10.4 до 19.6, соответственно), статистически различимое между половозрелыми летними и неполовозрелыми осенними. Этот показатель предложено использовать в качестве характеристики реактивности организма (Машнева и др., 1984). Принимая во внимание изложенное, неполовозрелых осенних особей можно считать более устойчивыми, что важно для популяции в условиях осенне-зимнего сезона. Аналогичное соотношение форменных элементов крови найдено у особей летней выборки 1994 г., сопоставимого по фазе цикла популяции с 2003 г.

Изменения показателей “белой” и “красной” крови коррелируют. Содержание эритроцитов с диаметром выше среднего (5.4 мкм и более) имеет прямую связь с числом метамиелоцитов, палочкоядерных нейтрофилов, моноцитов и обратную – с содержанием лимфоцитов и эозинофилов. С увеличением же доли “мелких” эритроцитов (диаметром 3.5 мкм) и уменьшением числа “крупных” возрастает содержание лимфоцитов, но снижается содержание метамиелоцитов, палочкоядерных нейтрофилов, моноцитов.

Корреляция показателей крови и кроветворных органов отражает сопряженную изменчивость признаков, протекающую на клеточном, тканевом и организменном уровнях. Найдено (при $p < 0.05$): количество эритроцитов в крови коррелирует с мас-

сой селезенки ($r = 0.62$) и числом клеток в костном мозге ($r = 0.53$), коррелирующих в свою очередь с массой тела ($r = 0.62$). Содержание эритроцитов с диаметром 5.4–7.5 мкм имеет обратную зависимость ($r = -0.61 \dots -0.81$) от доли клеток с диаметром 3.5 мкм. Доля эритроцитов с диаметром 5.4 мкм коррелирует с массой ($r = 0.64$) и индексом ($r = 0.62$) селезенки, которые проявляют тенденцию к увеличению у неполовозрелых особей 2004 г. и у половозрелых сеголеток 2003 г. (табл. 3, 4). С массой тела коррелируют содержание эритроцитов с диаметром 6.8 мкм ($r = 0.55$), 6.1 мкм ($r = 0.52$), 3.5 мкм ($r = -0.58$), площадь поверхности ($r = 0.60$) и средний диаметр эритроцитов ($r = 0.57$). Найдена корреляция между содержанием эритроцитов с диаметром 5.4–6.8 мкм ($r = 0.29-0.31$), 3.5 мкм ($r = -0.24$) и численностью популяции.

В литературе приводятся данные о том, что индекс селезенки у животных, обитающих на территории подверженной техногенному загрязнению, выше, чем у отловленных в экологически более чистых местах (3.4–7.4 против 1.3–3.1; цитировано по Оленев, Пасичник, 2003). Если приведенные величины индекса селезенки характеризуют техногенное влияние, то в них вполне укладываются показатели, установленные для половозрелых летних и осенних сеголеток 2003 г., а также перезимовавших летних в 2004 г. (табл. 2, 3). Вместе с тем более высокие величины показателя (6.4–12.3) ряд авторов связывает с интенсивным размножением животных (Ястребов и др., 1988), увеличением депонирующей функции селезенки, усиленным разрушением эритроцитов (Васильев, Захаров, 1992). Нами установлено, что масса и индекс селезенки у перезимовавших животных 2004 г. изменяется с возрастом ($b = 0.548$, $s.e.(b) = 0.204$, $\beta = 0.610$, $t_{17} = 2.684$ и $b = 0.024$, $s.e.(b) = 0.007$, $\beta = 0.676$, $t_{17} = 3.167$ соответственно), чего не найдено у полевок других репродуктивных состояний.

Таким образом, при анализе сезонной изменчивости показателей системы крови полевок разного репродуктивного состояния установлен ряд особенностей. Так, у перезимовавших особей и неполовозрелых осенних сеголеток по сравнению с соответствующими летними насчитывается больше эритроцитов (11.5 и 10.6 млн./мкл против 6.0 и 6.2 млн./мкл соответственно), среди которых основную долю составляют клетки малого диаметра (72 и 67% против 59 и 61% соответственно), чем, вероятно, обусловлено изменение среднего диаметра и площади поверхности эритроцитов. Последние показатели у половозрелых сеголеток не претерпели сезонных изменений ввиду несущественных сдвигов в соотношении долей эритроцитов разного диаметра. У перезимовавших осенних особей больше, чем у неполовозрелых осенних, масса тела, требующая и большей концентрации гемоглобина (табл. 2, 4), которую

обеспечивает возросшее относительно соответствующих летних животных число эритроцитов (46 против 25 тыс./г и 56 против 36 тыс./г соответственно), более высокое, как видно, у неполовозрелых. Кроме того, вдвое большая доля эритроцитов с диаметром ниже среднего (13 против 6%) и, согласно имеющимся данным (Поспишил, Ваха, 1986) короткоживущих, обусловила существенно возросшее число клеток костного мозга у перезимовавших осенних особей (табл. 2).

Представленная нами сезонная изменчивость показателей как адаптивная реакция системы крови полевок разного состояния, вполне сопоставима с опубликованными данными (Обыкновенная..., 1994). Анализируя их мы нашли, что число эритроцитов имеет прямую связь с содержанием клеток эритроидного ростка костного мозга ($r = 0.95$) и обратную – с диаметром эритроцитов ($r = -0.92$). Действительно, у зимующих особей содержание клеток эритроидного ростка наибольшее, а диаметр эритроцитов – наименьший, что представлено для наглядности полиномиальными кривыми максимально приближенными к экспериментальным точкам (рис. 2). Диаметр эритроцитов независимо от сезона имеет прямую связь с содержанием оксифильных ($r = 0.86$) и обратную – с содержанием базофильных ($r = -0.76$) и полихроматофильных ($r = -0.95$) нормобластов. Эти наблюдения дают основание предполагать наличие особенностей и в процессе кроветворения у животных разного репродуктивного состояния, при выявлении которых может быть установлен механизм найденных нами изменений в крови.

У перезимовавших особей наряду с выше перечисленными изменяющимися в зависимости от сезона показателями, к осени увеличивается и концентрация гемоглобина в эритроцитах (табл. 2, $p < 0.01$). Едва ли можно считать благоприятным в осенне-зимних условиях усиление биосинтетических процессов, в частности синтеза нуклеиновых кислот и белков, требующих высоких энергетических затрат и ведущих к истощению компонентов синтеза. Такой путь реакций может привести к срыву механизмов адаптации, развитию болезни и гибели (Баевский, 1979), что вполне реально в случае великовозрастных перезимовавших особей. Возникает вопрос, всегда ли большие масса тела и число эритроцитов, нарастающие с возрастом (Юшков, и др., 1999), свидетельствуют о благополучии популяции (Wolk., Kozlowski, 1989)? Связаны ли с возрастом объем эритроцита и содержание в нем гемоглобина (Юшков и др., 1999)? В нашем случае последние показатели не различимы в разновозрастных группах осенних перезимовавших особей и неполовозрелых сеголеток, но они больше у половозрелых осенних сеголеток, что, скорее всего,

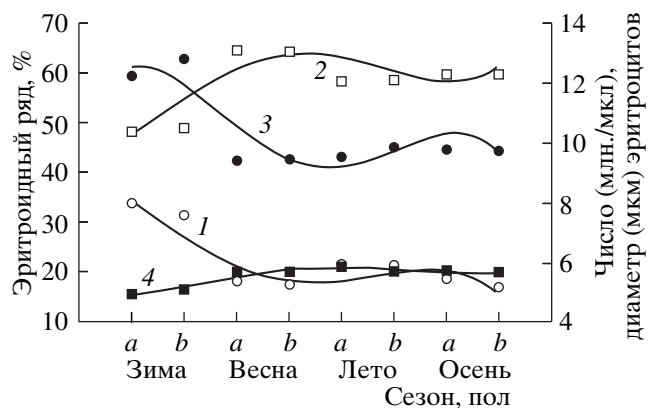


Рис. 2. Относительное содержание всех эритроидных (1) и оксифильных (2) клеток костного мозга, концентрация (3) и средний диаметр (4) эритроцитов крови самцов (a) и самок (b) полевок в разные сезоны года (Обыкновенная..., 1994).

обусловлено неодинаковой в разные годы активностью размножения особей, чем возрастом.

Основываясь на данных о развитии генераций мелких млекопитающих, в частности рыжей полевки (Шварц и др., 1964; Оленев, 1989), можно заключить, что неполовозрелые осенние сеголетки 2003 г., зимующие 2004 г., перезимовавшие весенние, летние и осенние 2004 г. – это одни и те же животные, рассматриваемые в разные интервалы времени и адаптированные к соответствующим условиям. Эти животные и потомки перезимовавших особей 2004 г. – неполовозрелые летние и осенние сеголетки, по совокупности признаков различимы между собой, что установлено с помощью дискриминантного ($F_{(102,548)} = 6.36, p < 0.001$) и дисперсионного ($F_{(4,90)} = 165.4, p < 0.001$) анализов. Осенние неполовозрелые особи 2003 г. отличаются не только от осенних перезимовавших 2004 г., но и от сходных с ними осенних неполовозрелых полевок 2004 г., задача которых сохранить популяцию в зимний период. По сравнению с первыми у них меньше масса тела (18.9 против 25 г), число клеток в костном мозге (общее – 12.9 против 25.2 млн./мкл и относительное – 0.7 против 1.0 млн./г массы тела), концентрация гемоглобина в крови (15.1 против 18.2 г%), число эритроцитов (5.9 против 11.5 млн./мкл). В этой цепи животных на примере изменения концентрации эритроцитов в сопоставлении с возрастом (рис. 3) видно, что у неполовозрелых полевок существенно больше концентрация эритроцитов, которая, можно полагать, отражает более высокие энергетические возможности организма. По сравнению со вторыми – несколько меньшая масса тела (18.9 против 19.6 г, $p > 0.05$) обусловлена разным (84 и 157 дней соответственно) возрастом ($F_{(1,71)} = 7.59, p = 0.007$), оцененным как ковариата ($b = 0.015, s.e. (b) = 0.005, \beta = 0.311, t_{71} = 2.755, p = 0.007$). На другие показате-

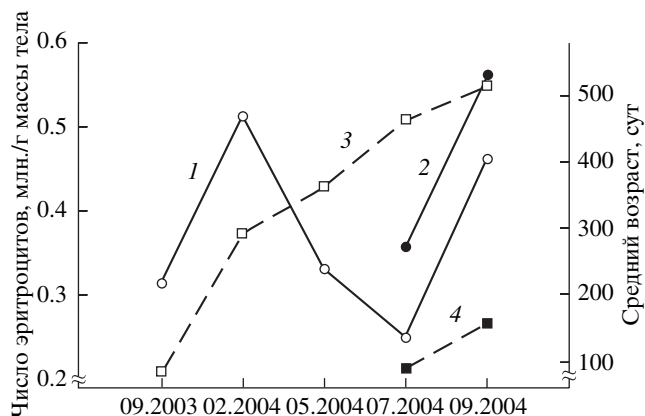


Рис. 3. Концентрации эритроцитов (1, 2) и возраст (3, 4) полевок рожденных 09.2003 г. (1, 3) и 07.2004 г. (2, 4).

ли влияние возраста не установлено; у животных, рожденных в 2003 г. меньше концентрация эритроцитов (0.31 против 0.56 млн./г массы тела), но больше их объем (90 против 45 мкм³) и содержание гемоглобина в эритроците (29 против 16.2 пг), что, по-видимому, компенсирует их малое число. Различные признаки половозрелых осенних животных, рожденных в 2003 и 2004 г., характеризуются как годы “роста” и “пика” популяции, свидетельствуют в пользу разного состояния особей. И в этой паре сравнения наибольшие энергетические возможности отмечены у особей 2004 г., которые, можно полагать, отражают и напряжение системы, что для фазы “пика” плотности популяции отмечено по ряду других физиолого-биохимических показателей (Чернявский, Лазуткин, 2004). Именно эти особи, уходящие в зиму, определяют структуру популяции в наступающем сезоне размножения.

Таким образом, изучение комплекса показателей крови и кроветворной ткани рыжей полевки разного репродуктивного состояния – перезимовавших, сеголеток половозрелых и половозрелых, позволило по-новому осветить изменчивость признаков в сезонном аспекте.

Сезонные изменения исследованных показателей по степени выраженности и времени их проявления характерны для каждого репродуктивного состояния животных и их можно рассматривать как приспособительные реакции к соответствующим условиям обитания особей.

Выявленный “сдвиг” в сторону увеличения доли эритроцитов большего диаметра у весенних и, в большей степени, летних полевок и, напротив, в сторону клеток меньшего диаметра у осенних и, особенно, зимующих особей, не только свидетельствует об изменении среднего диаметра и площади поверхности эритроцитов, но и отражает один из механизмов поддержания в крови и

обеспечения тканей кислородом в изменяющихся условиях.

Установленное изменение соотношения типов клеток в “белой” и размеров клеток “красной” крови, сопряженная изменчивость показателей крови и кроветворных органов отражают их взаимодействие, что можно рассматривать как один из способов регуляции функций кроветворной системы, поскольку количественные изменения любого элемента системы крови невозможны без вовлечения в процесс других компонентов. Сбалансированный и тесно связанный между собой комплекс изменяющихся показателей в системе крови (содержание эритроцитов и гемоглобина в крови, общее число и отдельных типов клеток костного мозга, весовой индекс селезенки и др.) показан и в экспериментах при экстремальных воздействиях на организм (Юшков и др., 1999).

Анализ развития изменчивости отдельных показателей в последовательной цепи созревания организмов позволил установить коррелятивные связи между показателями и оценить энергетические потенциалы организма животных разного репродуктивного состояния.

Исследование системы крови животных с учетом их репродуктивно-возрастного состояния и сезонной изменчивости показателей могут внести вклад в изучение механизмов изменчивости популяционных параметров. Кроме того, предлагаемый подход к исследованию изменчивости показателей системы крови в ответ на воздействующие факторы, а также полученные результаты могут быть полезны при использовании мышевидных грызунов в качестве тест-объекта для оценки, например, состояния биоценозов, и снижения искажений истинной картины.

Авторы выражают благодарность И.А. Кшняеву за помощь в статистической обработке данных.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 06-04-48359.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баевский М.Н. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 298 с.

Барагунова Е.А. Эколого-физиологические особенности адаптивных изменений системы крови мелких млекопитающих Кавказа: Автореф. дис. канд. биол. наук. Екатеринбург: УрО РАН ИЭРЖ, 1994. 24 с.

Большаков В.Н., Ковальчук Л.А., Ястребов А.П. Энергетический обмен у полевок и его изменения в экстремальных условиях. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 116 с.

Васильев Н.В., Захаров Ю.М., Коляда Т.И. Система крови и неспецифическая резистентность в экстремальных климатических условиях. Новосибирск: Наука, 1992. 256 с.

- Гольдберг Д.И., Левина Г.Д. Диаметр эритроцитов в норме и патологии. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1969. 113 с.
- Давыдова Ю.А. Возрастная структура популяции как индикаторный признак года “пика” в многолетнем цикле динамики численности // Матер. VII Всерос. популяционного семинара “Методы популяционной биологии”. Сыктывкар, 16–21 февраля, 2004 г. Сыктывкар: Коми УрО РАН, 2004. Ч. 1. С. 54–55.
- Давыдова Ю.А., Кинясев И.А. Популяционные циклы европейской рыжей полевки в южной тайге (Средний Урал, Висимский заповедник, первобытные леса) // Тез. докл. Сиб. зоол. конф. Новосибирск, 15–22 сентября 2004 г. Новосибирск, 2004. С. 244–245.
- Истомина Л.Б., Мясников Ю.А., Московская И.А. Морфологический состав крови рыжих полевок, рожденных в здоровом виварии, при экспериментальной инфекции ГЛПС и отловленных в природных очагах этого заболевания // Тр. Ин-та полиомиелита и вирусных энцефалитов АМН СССР “Вирусные геморрагические лихорадки”. Т. 19. М., 1971. С. 267–275.
- Калабухов Н.И. Периодические (сезонные и годовые) изменения в организме грызунов, их причины и последствия. Л.: Наука, 1969. 249 с.
- Карасева Е.В., Телицина А.Ю. Методы изучения грызунов в полевых условиях: учеты численности и мечения. М.: Наука, 1996. 227 с.
- Клиорин А.И., Тиунов Л.А. Функциональная неравнозначность эритроцитов. Л.: Наука, 1974. 148 с.
- Ковальчук Л.А., Ястребов А.П. Экологическая физиология мелких млекопитающих Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 203 с.
- Козинец Г.И., Каюмова Д.Ф., Погорелов В.М. Клетки периферической крови и экологические факторы внешней среды // Клин. лаб. диагностика. 1993. № 1. С. 14–20.
- Комар В.Е. Современное состояние проблемы биологической индикации лучевых поражений // Радиобиология. 1992. Т. 32. Вып. 1. С. 84–97.
- Лабораторные методы исследования в клинике / Под ред. Меньшикова В.В. М.: Медицина, 1987. 368 с.
- Машнева Н.И., Родионова Л.Ф., Сукальская С.Я. Сравнительная оценка радиационного и химического факторов. М.: Энергоатомиздат, 1984. 187 с.
- Мошкин М.Н. Иммуитет и вторичные половые признаки у диких и лабораторных грызунов // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2004. Т. 90. № 8. Ч. 2. С. 292.
- Обыкновенная полевка: виды-двойники *Microtus arvalis* Pallas, 1779. *M. rossiaemiridionalis* Ognev, 1924 / Отв. ред. Соколов В.Е., Башенина Н.В. М.: Наука, 1994. 431 с.
- Оленев Г.В. Функциональная детерминированность онтогенетических изменений возрастных маркеров грызунов и их практическое использование в популяционных исследованиях // Экология. 1989. № 2. С. 19–31.
- Оленев Г.В., Григоркина Е.Б. Функциональная структурированность популяций мелких млекопитающих (радиобиологический аспект) // Экология. 1998. № 6. С. 447–451.
- Оленев Г.В., Пасичник Н.М. Экологический анализ феномена гипертрофии селезенки с учетом типов онтогенеза цикломорфных грызунов // Экология. 2003. № 3. С. 208–219.
- Поспишил М., Ваха И. Индивидуальная радиочувствительность, ее механизмы и проявления. М.: Энергоатомиздат, 1986. 112 с.
- Тарахтий Э.А., Кардолина Т.Л. Количественно-морфологическое исследование системы крови лесной мыши и красной полевки, обитающих на территории ВУРСа. // Радиационная биология. Радиозоология. 1995. Т. 35. Вып. 4. С. 550–559.
- Тарахтий Э.А., Дружинина А.Ю., Кинясев И.А. Эколого-физиологические особенности показателей кровяной системы рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) // Успехи соврем. биологии. 2005. Т. 125. № 2. С. 206–213.
- Темботова Э.Ж., Барагунова Е.А., Бассель А. Видовые и сезонные изменения объема крови и ее состава у некоторых грызунов Центрального Кавказа // Матер. V съезда Всесоюз. териолог. о-ва АН СССР. Москва, 29 января–2 февраля 1990 г. Т. 2. С. 40.
- Цыб А.Ф., Хаит С.Е., Матвеев В.Г. и др. Динамическое исследование показателей крови населения загрязненных радионуклидами территориях Калужской области и ликвидаторов 1986–1993 годов // Мед. радиология и радиац. безопасность. 1996. Т. 44. № 4. С. 3–7.
- Черешнев В.А., Юшков Б.Г., Климин В.Г., Лебедева Е.В. Иммунофизиология. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 260 с.
- Чернявский Ф.Б., Лазуткин А.Н. Циклы леммингов и полевок на севере. Магадан: ИБПС ДВО РАН, 2004. 150 с.
- Шварц С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных животных // Зоолог. журн. 1958. Т. 37. Вып. 2. С. 161–173.
- Шварц С.С., Ищенко В.Г., Овчинникова Н.А. и др. Чередование поколений и продолжительность жизни грызунов // Журн. общ. биологии. 1964. Т. 25. № 6. С. 417–432.
- Юшков Б.Г., Климин В.Г., Северин М.В. Система крови и экстремальные воздействия на организм. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 201 с.
- Ястребов А.П., Юшков Б.Г., Большаков В.Н. Регуляция гемопоза при воздействии на организм экстремальных факторов. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 153 с.
- Kostecka-Myrcha A. Variation of morpho-physiological indices of blood in *Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780) // Acta Theriol. 1967. V. 12. № 13. P. 191–222.
- Kostecka-Myrcha A. Regularities of variation of the haematological values characterizing the respiratory function of blood in mammals // Acta Theriol. 1973. V. 18. № 1. P. 1–56.
- Kostecka-Myrcha A. The ratio of amount of haemoglobin to total surface area of erythrocytes in mammals // Acta Theriol. 2002. V. 47. S. 1. P. 209–222.

Wolk E., Kozłowski J. Changes of body weight and hematological parameters in a fluctuating population of *Apodemus*

mus flavicollis // Acta Theriol. 1989. V. 34. № 31. P. 439–464.

Seasonal Variation in Hematological Indices in Bank Vole (*Clethrionomys glareolus*) in Different Reproductive States

E. A. Tarakhtii and Yu. A. Davydova

*Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Division, Russian Academy of Sciences,
ul. Vos'mogo Marta 202, Yekaterinburg, 620144 Russia*

e-mail: tar@ipae.uran.ru

Abstract—Hematological and hematopoietic indices were studied in various seasons in bank vole in different reproductive states. The seasonal variation in the indices demonstrated patterns typical of each state and reflecting the adaptive response to changed habitat conditions.