

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБУ «ВИСИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПРИРОДНЫЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК»



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ООПТ УРАЛА

*Материалы научно-практической конференции, посвященной
40-летию Висимского государственного природного биосферного
заповедника и 10-летию присвоения ему статуса биосферного*

Нижний Тагил
2–4 декабря 2011 г.

ЕКАТЕРИНБУРГ
2011

ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ КРОВИ ЗИМУЮЩИХ ОСОБЕЙ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS GLAREOLUS*)

Э.А. Тарахтий¹, Ю.А. Давыдова¹, М.Н. Сумин²

¹ Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург
e-mail: tar@ipae.uran.ru; davydova@ipae.uran.ru

² Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург
e-mail: msumin@gmail.com

Предпосылкой к изучению состояния зимующей популяции рыжей полевки послужили результаты исследования сезонной и межгодовой изменчивости ее демографической структуры в бесснежный период (Кшнясев, Давыдова, 2005). В течение годового цикла в жизни популяции каждая функциональная группировка играет определенную роль. Считается, что основной функцией зимующих животных является переживание с наименьшими потерями неблагоприятных природных условий (Оленев, 1989). Зимующие особи имеют ряд функциональных и экологических особенностей, отличающих их от прибылых прошлого года и перезимовавших животных (Оленев и др., 1979; Балахонов, 1972; Тарахтий, Давыдова, 2007). Для этих животных, рожденных в прошлом весенне-летнем сезоне, не участвовавших в размножении, характерна онтогенетическая и функциональная однородность особей (Оленев, 1964, 1989; 2009). Вместе с тем свойственно большинству видов мелких грызунов циклическое изменение основных биологических параметров, а для зимующей группировки и возраста, определяемого составом когорта уходящих в зиму (Оленев, 2009), дает основание полагать, что зимующие популяции в разные годы неоднородны.

Состояние популяции мелких млекопитающих можно оценивать путем определения физиологического статуса составляющих ее организмов, исследуя параметры системы крови, как объединяющей все системы организма и остро реагирующей на внутренние и внешние факторы, что в свою очередь позволяет выявить механизмы адаптационных реакций организма к экологическим факторам (Козинец и др., 2007). Можно считать, что изменение реакций крови и кроветворных органов может быть обусловлено условиями разных зим. Однако известно, что микроклиматические условия под снегом обеспечивают благополучную и достаточно стабильную зимовку мелких млекопитающих (Балахонов, 1976, 1980; Пшенников и др., 1990).

Согласно данным о развитии генераций мелких млекопитающих (Шварц и др., 1964; Оленев, 1989), неполовозрелые сеголетки предыдущего года, далее зимующие особи, перезимовавшие текущего года – это одни и те же животные, рассматриваемые в разные интервалы времени и адаптированные к соответствующим условиям. Установлены сезонные и межгодовые различия отдельных функциональных группировок, в том числе и неполовозрелых сеголеток (Тарахтий, Давыдова, 2007; Тарахтий и др., 2007а). Именно неполовозрелые особи, уходящие в зиму, определяют структуру популяции в наступающем сезоне размножения.

Задача настоящего исследования – изучить количественно-структурные, морфологические и функциональные показатели крови, концентрацию клеток в кроветворных органах у зимующей популяции рыжей полевки в разные годы для выявления межгодовых особенностей исследуемых параметров.

Объектом исследования выбрана рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780), доминирующий вид среди мышевидных грызунов пихтово-еловых лесов Висимского государственного природного биосферного заповедника. Отловы проводили в третьей декаде февраля ежегодно в 2004–2008, 2011 гг. В 2005 г. не было поймано ни одного животного. Всего исследовано 63 полевки.

У каждой особи определяли пол, состояние генеративных органов, массу тела и селезенки, индекс селезенки, календарный возраст (Оленев, 1989), показатели крови (гемоанализатор Abacus junior vet, Diatron, Австрия), концентрацию клеток в суспензии костного мозга бедренной кости и селезенки (с помощью камеры Горяева), а также клеточный состав эритроцитов (распределение по диаметру, D , на гемоанализаторе Celloscope 401, фирмы Lars Yungberg & Co, Швеция) и лейкоцитов (на мазках, окрашенных по Паппенгейму), активность системы пероксидаза–эндогенная перекись водорода лейкоцитов (Роговин,

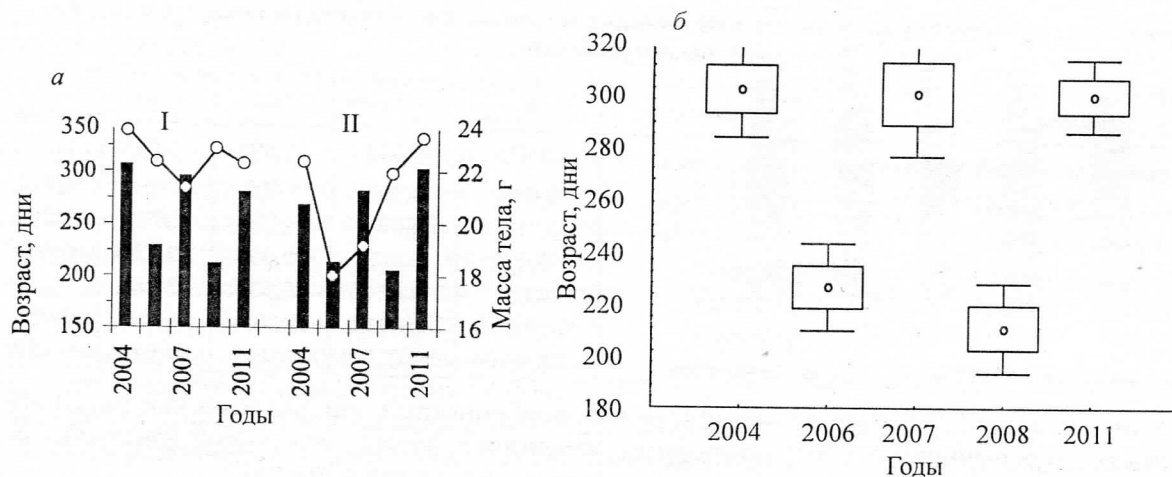


Рис. 1. Масса тела (кривая) и возраст (столбцы) самцов (I) и самок (II) рыжей полевки в разные годы (а), а также средний возраст особей рыжей полевки в 2004–2011 гг. (б)

Бут, 1994), фракции гемоглобина крови (электрофорез на оборудовании фирмы BIORAD, США). Число эритроцитов и клеток костного мозга нормировали на массу тела. Данные анализировали с помощью пакета статистических программ «Statistica for Windows». Различия показателей ($p < 0,05$) оценивали с помощью Tukey-теста для разного числа животных.

Известно, что состав популяции эритроцитов, локализация эритропоэза в онтогенезе модифицируются в зависимости от созревания всего организма (Физиология..., 1979; Юшков и др., 1999), поэтому наряду с гематологическими показателями у зимующих особей определяли массу тела и возраст. Последний не различается между самками и самцами ($F_{1,53} = 1,448, p < 0,234$), а изменяется в зависимости от года отлова ($F_{4,53} = 21,539, p < 0,0001$). Выделяются две различимые возрастные группы ($F_{4,53} = 21,116, p < 0,0001$): минимальные значения показателя отмечены в 2006 и 2008 г., максимальные – в 2004, 2007 и 2011 г. (рис. 1, б), причем у самок заметна тенденция к нарастанию, у самцов – к его снижению (рис. 1, а).

Масса тела полевок зависит от пола ($F_{1,53} = 8,092, p < 0,006$), года отлова ($F_{4,53} = 6,069, p < 0,0004$) и взаимодействия факторов ($F_{1,53} = 3,426, p < 0,014$). У самцов она максимальна в 2004 г. и выше ($p < 0,05$), чем в 2006 и 2011 г., у самок – минимальная в 2006 г., что ниже, чем у самцов, далее она нарастает вплоть до 2011 г. Для самцов и самок 2008 г. характерны минимальный возраст и максимальная масса тела (рис. 1, а). Как видно, у зимующих особей рыжей полевки в исследуемые годы с определенной закономерностью изменяются возраст и масса тела. Разный возрастной состав уходящих в зиму животных отмечен и в литературе (Оленев, 2009).

Поскольку гематологические показатели у людей и животных изменяются с возрастом (Юшков и др., 1999), то оценено влияние массы тела и возраста полевок на показатели системы крови. С помощью ковариационного анализа установлено, что масса тела влияет на нормированную концентрацию эритроцитов и содержание эритроцитов диаметром 8,2 и 6,1 мкм, возраст – на содержание эритроцитов диаметром 8,9 и 4,7 мкм, концентрацию гемоглобина в эритроците (см. таблицу). Видно, что масса тела и возраст в большей мере влияют на состав эритроцитов – главных носителей гемоглобина, имеющих связь с энергетикой организма.

Известно, что организм на различные экстремальные воздействия отвечает изменением газотранспортной функции крови. Одним из механизмов ее изменения может быть увеличение диффузионной поверхности эритроцитов за счет изменения количества клеток или появления эритроцитов иных размеров и формы, другим путем может быть изменение концентрации гемоглобина или его способности переносить кислород (Коржуев, 1964). Поэтому для понимания механизмов адаптации организма необходимо изучать не только количество эритроцитов и гемоглобина, но и качественные особенности циркулирующих эритроцитов – размер, форму, степень насыщения их гемоглобином (Kostelecka-Murcya, 1973; Начала физиологии, 2002), соотношение между отдельными изоформами гемоглобина.

Основная функция эритроцитов выполняется тем лучше, чем больше их поверхность, на которой действует дыхательный пигмент гемоглобин. Именно наличие гемоглобина в эритроците делает его поверхность в функциональном отношении чрезвычайно эффективной

Результаты ковариационного анализа на влияния массы тела и возраста на показатели крови рыжей полевки

Зависимая переменная	Ковариата	B	Stand. error	beta	t (34)	p
Эритроциты, млн/мкл/г массы тела	Масса тела	-0,025	0,008	-0,391	-3,023	0,004
Эритроциты, Д 8,2 мкм	Масса тела	0,013	0,006	0,402	1,952	0,071
Эритроциты, Д 6,1 мкм	Масса тела	0,186	0,091	0,494	2,034	0,061
Эритроциты, Д 8,9 мкм	Возраст	-0,001	0,000	-0,438	-2,122	0,052
Эритроциты, Д 4,7 мкм	Возраст	-0,061	0,027	-0,537	-2,284	0,038
МСНС, %	Возраст	0,083	0,039	0,505	2,146	0,050
Число гранулоцитов, %	Возраст	-0,054	0,027	-0,455	-2,019	0,057

и важной для характеристики функциональных особенностей эритроцитов как различных животных, так и различных состояний одного животного. Между величиной эритроцитов и интенсивностью потребления кислорода существует прямая зависимость.

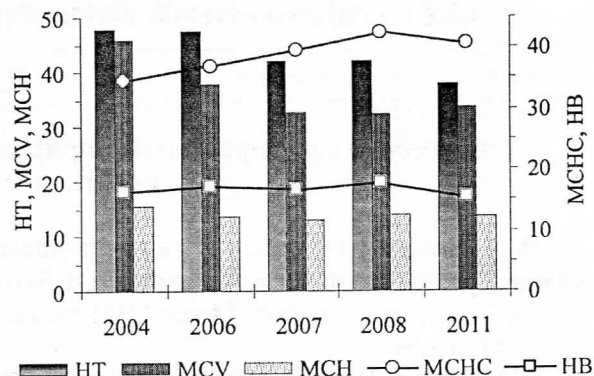
С помощью дисперсионного анализа установлена изменчивость параметров эритроцитов (МСV, МСН, МСНС) рыжей полевки в зависимости от года отлова ($R\text{-}Pao_{28,167} = 3,649$, $p < 0,0001$); пол особей не оказывает влияния ($R\text{-}Pao_{3,51} = 0,786$, $p > 0,507$). Синхронная направленность к снижению значений гематокрита (НТ), среднего объема эритроцитов (МСV), содержания гемоглобина в эритроците (МСН) наряду с возрастанием концентрации гемоглобина в эритроците (МСНС) и числа эритроцитов (рис. 2) свидетельствуют о различном составе популяции эритроцитов в исследуемые годы. Так, эритроциты особей 2007 г. по сравнению с соответствующими параметрами особей 2006 г. отличаются меньшими значениями МСV ($p < 0,08$), МСН ($p < 0,02$), что согласуется с меньшей величиной НТ (42 % против 47 %), при этом МСНС больше (см. рис. 2). У этих особей при неразличимой концентрации гемоглобина в крови (17,2 и 16,6 г% соответственно) изменяется соотношение фракций ($F_{1,20} = 3,677$, $p < 0,07$). Из двух выделенных фракций у полевок 2007 г. меньше доля основной (14,01 г% против 15,01 г%) и выше доля меньшей фракции (2,60 г% против 2,20 г%), обладающей, можно полагать, иным средством к кислороду.

Эти результаты согласуются с литературными данными о том, что изменение объема эритроцита влечет за собой изменение его формы, что в свою очередь существенно изменяет скорость высвобождения кислорода и уровень АТФ в клетке (Аникеева, 1990). Ряд авторов считает (Аникеева, 1990; Разумникова, 1989), что увеличение объема эритроцитов и содержания в них гемоглобина – это ответная реакция на стресс. Значения этих показателей максимальны у особей 2004 г., который отмечен как «пик» популяционного цикла (Кшнясев, Давыдова, 2005). При более низкой ($p < 0,05$) концентрации НВ и НТ у особей 2011 г. относительно особей 2006 г. возрастает роль кроветворения в селезенке (индекс селезенки составляет 2,5 против 1,7–2,3 в других группах), особенно выраженной у самцов. Снижение уровня гематокрита связывают (Huitu et al., 2007) с подавлением утилизации пищи и значительным ухудшением физиологического состояния, что сочетается с фазой спада численности в популяционном цикле. Наши данные дают основание полагать, что в кровь зимующих животных в разные годы поступают эритроциты с иными качественными свойствами.

Концентрация лейкоцитов рыжей полевки не зависит от пола особей ($F_{1,52} = 0,041$, $p > 0,84$) и года отлова ($F_{4,52} = 2,053$, $p > 0,1$). В популяции лейкоцитов основную долю составляют лимфоциты (66–73 %), меньшую – нейтрофилы (11–19 %) и моноциты (9–13 %), доля остальных типов клеток незначительна. В формуле крови отмечен левый сдвиг, причем в большей мере у особей 2008 г. (индекс сдвига составляет 1,15 против 0,3–0,6, $p < 0,05$), у которых выше и величина отношения числа лимфоцитов к нейтрофилам ($p < 0,1$), палочкоядерных к сегментоядерным ($p < 0,05$), характеризующих состояние «белой» крови. У этих полевок существенно выше, чем у особей 2007 г., активность системы пероксидаза-эндогенная перекись водорода лейкоцитов ($F_{4,11} = 97,86$, $p < 0,0001$), отражающей защитную активность лейкоцитов и в целом антиоксидантной системы организма. Значит, и в «белом» ростке крови имеет место межгодовая изменчивость показателей. Л.Х. Гаркави с соавт. (1990) «белую» кровь считают своеобразным гормональным зеркалом.

Таким образом, исследование параметров системы крови зимующих особей рыжей полевки в разные годы позволяет заключить, что изменение концентрации клеток костного мозга и крови, клеточного состава эритроцитов и лейкоцитов, концентрации фракций гемоглобина, а также

Рис. 2. Параметры крови (НТ, %; НВ, г%) и эритроцитов (MCV, мкм³; MCH, пг; MCHC, %) у зимующих особей рыжей полевки в разные годы



возраста и массы тела, скорее всего, отражает межгодовую изменчивость состояния зимующих животных, что согласуется с полученными ранее данными межгодовой и сезонной изменчивости показателей системы крови в бесснежный период. Ряд авторов (Чернявский и др., 2003; Huitu et al., 2007) изменение некоторых гематологических, иммунологических и биохимических показателей связывает с плотностью популяции или фазой популяционного цикла.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 10-04-01657) и Программы Президиума РАН (грант № 12-П-4-1068).

Список литературы

- Аникеева Н.В. Влияние модификации мембраны эритроцитов на скорость высвобождения кислорода // Вопросы мед. химии. 1990. № 3. С. 59–60.
- Балахонов В.С. Особенности метаболизма красной и рыжей полевок в зимних условиях // Оптимальная плотность и оптимальная структура популяций животных: Информ. мат.-лы. Свердловск, 1972. Вып. 3. С. 80–82.
- Балахонов В.С. Условия зимовки мышевидных в лесотундре Приобья // Экология. 1976. № 4. С. 96–98.
- Балахонов В.С. Энергозатраты некоторых полевок в Субарктике // Экологическая оценка энергетического баланса животных. Свердловск, 1980. С. 131–136.
- Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та. 1990. 224 с.
- Козинец Г.И., Высоцкий В.В., Захаров В.В., Оприщенко С.А., Погорелов В.М. Кровь и экология. М.: Практическая медицина, 2007. 432 с.
- Коржуев П.А. Гемоглобин. М.: Наука, 1964. 287 с.
- Киняшев И.А., Давыдова Ю.А. Динамика плотности и структуры популяций лесных полевок в южной тайге // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Сер. Биология. Вып. 1 (9) / Мат.-лы VIII всерос. популяц. семинара «Популяции в пространстве и времени». Н. Новгород, 2005. С. 113–124.
- Начала физиологии / Под ред. акад. А.Д. Ноздрачева. СПб.: Лань, 2002. 1088 с.
- Оленев В.Г. Сезонные изменения некоторых морфофизиологических признаков грызунов в связи с динамикой возрастной структуры популяции: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск: Ин-т биологии УФАН СССР, 1964. 25 с.
- Оленев В.Г., Покровский А.В., Оленев Г.В. Особенности зимующих поколений мелких видов грызунов // Популяционная экология и изменчивость животных. Свердловск, 1979. Вып. 122. С. 48–53.
- 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. Определение возраста цикломорфных грызунов, функционально-онтогенетическая детерминированность, экологические аспекты // Экология. 2009. № 2. С. 103–115.
- Пиенников А.Е., Корякин И.И., Прокопьев Н.П. Температурные условия местообитаний мелких млекопитающих долины средней Лены // Адаптация животных к холоду: Сб. науч. тр. Новосибирск, 1990. С. 44–61.
- Разумникова О.М., Шандулов А.Х., Мажбич Б.И. Гемодинамика малого круга кровообращения и показатели крови у крыс при длительной высокогорной гипоксии // Бюл. эксперимент. биол. и медицины. М., 1989. Т. CVII, № 5. С. 526–528.
- Роговин В.В., Бут П.Г. Способ определения активности системы пероксидаза–эндогенная перекись водорода в лейкоцитах крови на мазках // Патент РФ. Дата публикации 30.10.1994. № 2022241 С1 в регистрации государственных патентов.
- Тарактий Э.А., Давыдова Ю.А. Сезонная изменчивость показателей системы крови рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) разного репродуктивного состояния // Изв. РАН. Сер. биол. 2007. № 1. С. 14–25.
- Тарактий Э. А., Давыдова Ю. А., Киняшев И. А. Межгодовая изменчивость показателей системы крови флуктуирующей популяции европейской рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) // Изв. РАН. Сер. биол. 2007. № 6. С. 735–764.
- Физиология системы крови. Физиология эритропоэза. Л.: Наука. 1979. 360 с.
- Чернявский Ф.Б., Лазуткин А.Н., Мосин А.Ф. Изменчивость некоторых физиолого-биохимических показателей флуктуирующей популяции красной полевки (*Clethrionomys rutilus*) // Изв. РАН. Сер. биол. 2003. № 3. С. 356–364.
- Шварц С.С., Иценко В.Г., Овчинникова Н.А., Оленев В.Г., Покровский А.В., Пястолова О.А. Чередование поколений и продолжительность жизни грызунов // Журн. общ. биол. 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.
- Kostecka-Myrcha A. Regularities of Variation of the Haematological Values Characterizing the Respiratory Function of Blood in Mammals // Acta Theriol. 1973. Vol. 18, № 1. P. 1–56.
- Huitu O., Jokinen I., Korpimäki E., Koskela E., Mappes T. Phase dependence in winter physiological condition of cyclic voles // Oikos. 2007. Vol. 116. P. 565–577.