

Э.А. Тарахтий, С.В. Мухачева

РЕАКЦИЯ СИСТЕМЫ КРОВИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
В ГРАДИЕНТЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Промышленное освоение Среднего Урала привело к загрязнению природной среды и деградации растительных сообществ больших территорий. Основными загрязнителями являются тяжелые металлы [4], их миграция и накопление живыми организмами ставит вопрос о пригодности трансформированных экосистем, о влиянии токсикантов на живой организм. Огромное число людей подвергается риску химической нагрузки. Даже сравнительно низкие уровни накопления тяжелых металлов в почве, воде и пище являются причиной негативных проявлений, среди которых нарушение умственного и физического развития детей, нарушение иммунной системы, снижение интенсивности синтеза гема, развитие анемий и др. [3,4].

Мелкие млекопитающие традиционно используются в качестве биоиндикаторов для оценки изменений в экосистемах. Исследование показателей системы крови с акцентом изучения структуры и функции клеток, концентрации и клеточного состава может выявить с одной стороны состояние организма и пути его адаптации, с другой – оценить вклад факторов среды. В оценке действия ксенобиотиков надежным и связанным с жизнеспособностью организма показателем может служить активность системы пероксидаза-эндогенная перекись водорода лейкоцитов, которая является молекулярной основой неспецифического иммунитета, обладает антимикробным, антивирусным и противоопухолевым действием [1].

Задача настоящего исследования - изучить показатели крови и кроветворных органов мелких млекопитающих из природных популяций, обитающих в градиенте длительного химического загрязнения, с целью исследования механизмов адаптации организма к изменяющимся условиям.

Материал и методы исследования

Объекты изучения - рыжая (*Clethrionomys glareolus*, 49 особей) и красная (*Cl. rutilus*, 27 особей) полевки. Животных отлавливали живоловками на разном удалении (1-2, 6, 20 и 30 км, соотв. A, B, C, D) от источника загрязнения (Среднеуральский медеплавильный завод – СУМЗ), в составе выбросов которого содержатся *Pb* и *Cd* - вещества 1 класса опасности. Степень деградации территорий снижалась по мере удаления от завода.

В лаборатории у каждой особи определяли массу тела и селезенки, концентрацию и клеточный состав лейкоцитов, эритроцитов с помощью гемоанализатора и на мазках, окрашенных по Паппенгейму, ретикулоцитов на мазках, окрашенных бриллиант-крезиловым голубым, гемоглобин, гематокрит, распределение эритроцитов по диаметру, объему, содержание и концентрацию гемоглобина в эритроците с помощью гемоанализаторов, активность системы пероксидаза-эндогенная перекись водорода лейкоцитов (К – коэффициент активности) [2], фракции гемоглобина методом электрофореза в вертикальных пластинах полиакриламидного геля, клеточность селезенки и костного мозга бедренной кости. Концентрацию *Cd*, *Pb*, *Cu* в почках животных определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Материал обработан статистически с помощью пакета программ «Statistica for Windows. 6.0». В анализе использовали только сеголеток, выделяя две группы: половозрелых (*sad*) и неполовозрелых (*juv*, с массой тела более 15 г) особей.

Результаты и их обсуждение

С помощью дискриминантного анализа установлено, что по комплексу морфологических и гематологических показателей выборки **рыжей полевки** с разных территорий различаются между собой (табл. 1), согласно квадрату расстояния Махаланобиса наиболее удалена территория A от всех, за исключением D, что требует дальнейшего изучения.

Таблица 1 Результаты дискриминантного анализа

Участок	A	B	C	D
A		16,943	4,231	0,009
B	11,296		10,177	20,330
C	1,736	4,175		5,638
D	0,005	10,843	1,561	

Примечание: Под диагональю – квадрат расстояния Махаланобиса; над диагональю – $F_{1,24}$ -критерий; выделено жирным – $p < 0.05$

В группе **неполовозрелых сеголеток** с помощью дисперсионного анализа установлена изменчивость показателей крови в градиенте загрязнения среды обитания (R - $F_{27,61} = 2,736$, $p < 0,0006$). В ряду красной крови по мере приближения к источнику выбросов (до B) нарастает до различимых величин ($p < 0,05$) концентрация нормированных к массе тела эритроцитов, клеток костного мозга, селезенки и снижается в непосредственной близости от факела выбросов (A). Концентрация гемоглобина в крови имеет тенденцию к росту вплоть до A, при этом из двух выделенных фракций существенно возрастает доля меньшей (с 2,53 до 2,88 г %, $p < 0,05$).

В популяции эритроцитов уменьшается концентрация клеток диаметром больше среднего и площадь их поверхности, при этом средний диаметр не изменяется (составляет 4,4–4,7 мкм, $p > 0,153$); однако увеличиваются толщина, сферичность, хрупкость, объем, содержание гемоглобина в эритроците и на единицу площади поверхности ($p < 0,05$). Последний

является более информативным и важным в оксигенации тканей показателем, чем концентрация гемоглобина в крови [5]. Концентрация, размеры и стойкость эритроцитов коррелированы ($r = 0,81-0,68$) с величиной гематокрита, возросшей у особей территории A. У этих особей изменяется концентрация и клеточный состав лейкоцитов: больше нейтрофилов за счет сегментоядерных и моноцитов ($p < 0,05$), меньше лимфоцитов, не найдено эозинофилов, что рассматривается как реакция стресса, ниже активность лейкоцитов (К составляет 11,2 против 23,9–18,0 % в других выборках).

У **половозрелых сеголеток** показатели красной крови и кроветворных органов изменяются в меньшей мере как по набору, так и по степени изменяющихся признаков. У особей территории B при минимальной концентрации лейкоцитов ($p < 0,07$) клеточный состав сходен с таковым неполовозрелых особей территории A, активность же лейкоцитов (К) выше. С увеличением токсической нагрузки (A) активность лейкоцитов у половозрелых снижается, но возрастает их число.

Изменчивость показателей в зависимости от уровня накопления поллютантов показана на примере концентрации и активности лейкоцитов, концентрации Cd в почках рыжей полевки в окрестностях СУМЗа (рис.1). По данным химического анализа установлено, что Cd и Pb накапливаются интенсивней в почках половозрелых особей, а уровни накопления возрастают по мере приближения к факелу выбросов, тогда как концентрация Cu не изменяется (рис. 2). Таким образом, изменчивость изученных параметров системы крови зависит от репродуктивного статуса животных ($R-Pa_{018,10} = 3,894, p < 0.016$) и уровня химического загрязнения участка обитания.

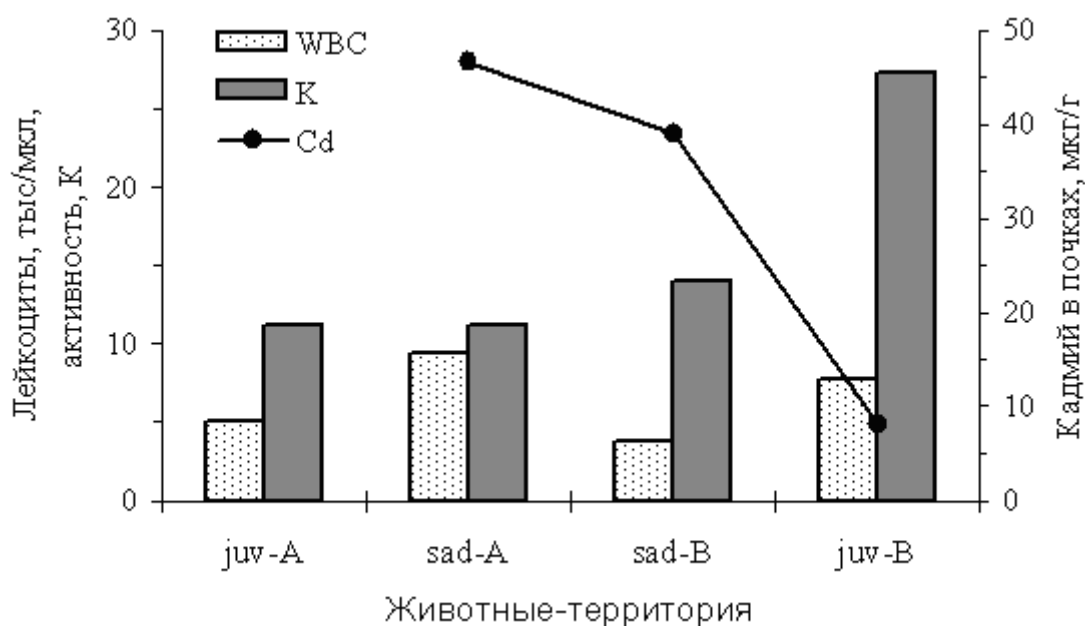


Рис. 1. Содержание (WBC) и активность (K) лейкоцитов, концентрация кадмия в почках (Cd) особей рыжей полевки в окрестностях СУМЗа

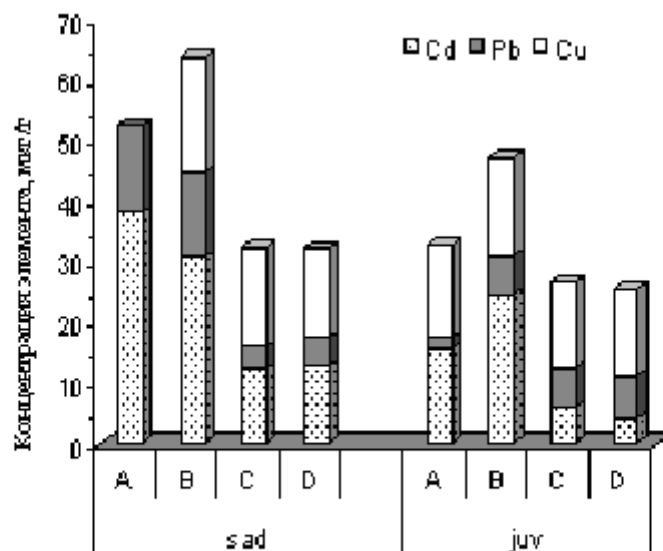


Рис. 2. Концентрация Cd, Pb, Cu в почках половозрелых (*sad*) и неполовозрелых (*juv*) сеголеток рыжей полевки в градиенте химического загрязнения (A–D)

Изменение показателей крови в зависимости от концентрации токсикантов в выборках **красной полевки** сопоставимо с таковыми рыжей. Различие в большей мере зависит от вида особей ($R\text{-}Pa_{0,12,21} = 2,375, p < 0.04$), чем от участка обитания ($R\text{-}Pa_{0,36,62} = 3,894, p < 0.077$). У красной полевки в меньшей степени изменяется концентрация эритроцитов, при меньшем содержании плавно снижается концентрация костного мозга и ретикулоцитов, меньше лейкоцитов, но существенно выше их активность, максимальная их величина отмечена на территории B против A у рыжей, больше эозинофилов особенно у особей территории B и C.

Заключение

В результате исследования комплекса морфофизиологических и гематологических показателей мелких млекопитающих, обитающих в градиенте химического загрязнения, установлена изменчивость показателей в зависимости от репродуктивного статуса особей и уровня токсической нагрузки. Диапазон изменяющихся величин концентрации, структуры, состава и функции параметров системы крови у животных территорий D–B в сторону их возрастания свидетельствует скорее об адаптационной возможности системы. Снижение концентрации клеток крови и органов, изменение клеточного состава и структуры клеток крови, массы тела у животных территории A, особенно у неполовозрелых сеголеток, обусловлено влиянием более высокой токсической нагрузки на организм, вызывающей усиление напряжения в работе системы крови и организма в целом. Можно полагать, что здесь механизм адаптации переходит на иной уровень.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума УрО РАН поддержки междисциплинарных и интеграционных проектов и Программы НШ 1022.2008.4.

Список литературы

1. *Муштакова В., Фомина В.А, Rogovin В.В.* Токсическое действие тяжелых металлов на нейтрофилы крови человека // Изв. РАН. Сер. биол. 2005. № 3. С. 336-338.
2. *Rogovin В.В., Бут П.Г.* Способ определения активности системы пероксидаза-эндогенный пероксид водорода в лейкоцитах крови на мазках: Патент РФ №2022241 С1 от 30.10.1994 в регистрации государственных патентов.
3. *Степанова Е.А.* Изучение сорбционных свойств биологически активных добавок к пище для профилактики негативного воздействия свинца на организм человека // Популяции в пространстве и времени: сб. материалов V111 Всерос. популяц. семинара (Ниж. Новгород, 11-15 апр. 2005 г.). Н.Новгород, 2005. С.396-398.
4. *Уткин В.И., Чеботина М.Я., Евстигнеев А.В., Любашевский Н.М.* Особенности радиационной обстановки на Урале. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 150 с.
5. *Kostelecka-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