

лать вывод о большей интенсивности свободнорадикального окисления липидов в организме животных под влиянием эмоционально-болевого, гипероксического и гипоксического стрессов, по сравнению с белковой пероксидацией. Предварительное введение витамина Е привело к его протекторным эффектам почти во всех исследуемых тканях при стрессах разной модальности.

Библиографический список

1. **Владимиров, Ю. А.** Роль нарушения свойств липидного слоя мембран в развитии патологических процессов / Ю. А. Владимиров // Патол. физиол. и эксперим. терапия. – 1989. – № 4. – С. 7–18.
2. **Дубинина, Е. Е.** Роль активных форм кислорода в качестве сигнальных молекул в метаболизме тканей при состояниях окислительного стресса / Е. Е. Дубинина, С. О. Бурмистров, Д. А. Ходов, И. Г. Порогов // Вопросы мед. химии. – 1995. – Т. 41, № 5. – С. 24–26.
3. **Дубинина, Е. Е.** Роль активных форм кислорода в качестве сигнальных молекул в метаболизме тканей при состояниях окислительного стресса / Е. Е. Дубинина // Вопросы мед. химии. – 2001. – Т. 47, № 6. – С. 561–581.
4. **Ерохин, И. А.** Элементы теории экстремального состояния организма / И. А. Ерохин // Физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 1993. – Т. 79, № 9. – С. 98–105.
5. **Зенков, Н. К.** Окислительный стресс. Биохимический и патофизиологический аспекты / Н. К. Зенков, В. З. Панкян, Е. Б. Меньщикова. – М.: МАИК. Наука / Интерпериодика, 2001. – 343 с.
6. **Строев, Е. А.** Практикум по биологической химии / Е. А. Строев, В. Г. Макарова. – М.: Высшая школа, 1986. – С. 230.
7. **Нестеров, Ю. В.** Влияние гипо- и гипероксического стресса на свободнорадикальные процессы в эксперименте / Ю. В. Нестеров, Р. А. Азизов, Н. В. Карнаухова // Естественные науки. – 2008. – № 2 (23). – С. 73–76.
8. **Чумакова, А. С.** Изменения свободнорадикальных процессов в различных органах крыс разного возраста при остром стрессе / А. С. Чумакова, Д. Л. Теплый, Ю. В. Нестеров // Биологические исследования. – 2009. – № 4. – С. 34–37.
9. **Babior, V. M.** Postnatal growth of the mammalian lung influence of exercise and thyroid activity / V. M. Babior // N. Eng. J. Med. – 1978. – Vol. 298. – P. 721–725.

УДК 504.7:551.577.33+591.11+599.362

АККУМУЛЯЦИЯ КАДМИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОГО КРОТА (*TALPA EUROPAEA L.*)*

Нуртдинова Дина Вильевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник
Институт экологии растений и животных УрО РАН
620144, г. Екатеринбург, ул. 8-го марта, 202,
тел. (343) 210-38-58, e-mail: dina_vn@mail.ru

Рассмотрены показатели крови и кровеносных органов кротов в градиенте загрязнения выбросами медеплавильного завода. Основным элементом, определяющим токсическое воздействие, является кадмий, его средняя концентрация в печени взрослых кротов на загрязненной территории в 2,63 раза превышает фоновые значения. Отмечено некоторое увеличение доли анемичных особей (с 5 до 21 %). Выявлены возрастные изменения рассмотренных показателей.

Ключевые слова: тяжелые металлы, Cd, гематологические показатели, *Talpa europaea*.

* Работа выполнена при финансовой поддержке программы развития ведущих научных школ (НШ-1022.2008.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

**ACCUMULATION OF CADMIUM AND ITS EFFECT
ON HEMATOLOGICAL CHARACTERISTICS OF EUROPEAN MOLE
(*TALPA EUROPAEA* L.)**

Nurtdinova Dina V.

The characteristics of blood and hematopoietic organs of European mole were considered in a gradient of pollution from copper-melting plant. The main element defining toxic influence is cadmium, which average concentration in liver at polluted sites was 2.63 times more than in rural areas in adult moles. An increase in a share of anaemic individuals (from 5 to 21 %) is found out. Age changes of the considered characteristics are revealed.

Key words: *heavy metals, Cd, hematological characteristics, Talpa europaea.*

Загрязнение среды около промышленных предприятий выступает в качестве нового экологического фактора, инициирующего включение процессов адаптации популяций животных к токсическим воздействиям. В механизмах адаптации большое значение имеет система крови, состояние которой является важным показателем влияния внешней среды на организм. Изменения, происходящие в периферической крови, неспецифичны, но отражают состояние организма в целом.

Большинство работ по изучению механизмов формирования устойчивости популяций к техногенному воздействию выполнено на широко распространенных видах мелких млекопитающих. Реакции на неблагоприятные воздействия других млекопитающих, требующих специфических методов учета численности и отлова, исследованы недостаточно. Европейский крот – типичный представитель детритной цепи, узкоспециализированный вид, приспособленный к обитанию в относительно стабильных условиях почвенного горизонта. Кроты как объекты исследования имеют свои преимущества: интенсивный обмен веществ, питание животным кормом (в основном дождевыми червями) и большая продолжительность жизни (до 6 лет).

Целью работы было исследование гематологических параметров кротов разных половозрастных групп, обитающих в зоне влияния медеплавильного завода.

Материал и методика

Исследование проводилось в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ), вблизи г. Ревды Свердловской области. Основные ингредиенты выбросов завода, функционирующего с 1940 г., – SO₂ и полиметаллическая пыль, в которой преобладают Cu, Pb, Zn, Cd, As. Общий объем эмиссии в конце 1980-х гг. составлял более 140 тыс. т/год, в том числе: SO₂ – 134089, HF – 1016, Cu – 2610, Zn – 1754, As – 639, Pb – 564 т/год, соответственно [3]. С середины 1990-х гг. отмечено снижение количества выбросов, к середине же 2000-х гг. объем эмиссии составил менее 30 тыс. т/год. По результатам анализа проб снега, почвы и состоянию фитоценозов, импактной считается территория до 2,5 км от завода, буферной – до 15 км [1]. Ранее было показано [10], что кроты отсутствуют в 5-километровой зоне около завода из-за исчезновения дождевых червей – их основного кормового объекта. Таким образом, эта территория, буферная для других организмов, в отношении крота фактически является импактной.

Для исследования были выбраны 3 участка в буферной зоне (на расстоянии 6–13 км от завода) и 3 участка в фоновой зоне (20–34 км). Доминирующие леса – ельники-пихтарники и производные от них хвойно-лиственные [3].

Отлов 68 зверьков проведен проволочными спиралевидными кротовловками-живоловками в мае, июле 2007 г. и в июле 2008–2009 гг. Из них в лаборатории под наркозом путем декапитации получена кровь у 56 кротов, у остальных – прижизненно в полевых условиях с последующим выпуском в месте поимки.

Количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, концентрация гемоглобина в крови и в эритроците, гематокрит, тромбокрит, объем эритроцитов и тромбоцитов

определены с помощью гематологического анализатора (AbacusVet). Лейкоформула вычислена по 200 лейкоцитам на мазках, окрашенных по Паппенгейму. Диаметр эритроцитов и процент ретикулоцитов оценивали по 3–5 тыс. клеток с помощью программ фирмы «Мекос». Для определения количества клеток в кроветворных органах селезенку и костный мозг диафиза правой бедренной кости гомогенизировали в 2–3 мл физиологического буферного раствора, для окраски ядер применяли раствор Тюрка, подсчет клеток вели в камере Горяева. Коэффициент активности (k) системы пероксидаза – эндогенная перекись водорода в лейкоцитах [11] – вычислен по формуле:

$$k = \frac{3a + 2b + 1c}{n},$$

где a – лейкоциты, у которых вся клетка наполнена гранулами пероксидаза – эндогенная перекись водорода, b – ≥ 50 % площади заполнено гранулами, c – клетки с единичными гранулами, n – число просмотренных клеток.

Возраст кротов установлен по числу ростовых слоев цемента и периостальной кости на срезах нижней челюсти, прошедших через третий нижний коренной зуб [4]. Прижизненно исследованных кротов относили к взрослым половозрелым особям по цвету шкурки и массе тела. В этой работе животные подразделены на две возрастные группы – молодые (1–1,5 месяца) и взрослые (от 1 до 5 лет, из них 81 % составляли годовалые особи).

Определение концентраций тяжелых металлов (Cd, Pb, Zn, Cu) в сухих образцах печени осуществляли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Все анализы выполнены в лаборатории, аккредитованной в системе аналитических лабораторий (аттестат РОСС.RU0001.515630). В этом блоке работы дополнительно использованы животные, отловленные капканами. Общую токсическую нагрузку на организм животных рассчитывали по формуле:

$$T = \frac{1}{4} \sum \frac{c_{ij}}{c_{ic}},$$

где C_{ij} – концентрация i -го металла в печени j -го крота; C_{ic} – средняя для фоновой территории концентрация i -го металла в печени кротов.

Статистическую обработку данных проводили с использованием прикладных программ Excel и STATISTICA. При статистическом анализе проверяли соответствие наблюдаемых распределений нормальному с помощью теста Lilliefors. Для нормализации распределений проводили логарифмирование. При выполнении необходимых требований осуществляли дисперсионный анализ. Если преобразование не помогало привести распределение к нормальному, при сравнении выборок использовали непараметрические критерии (Манна-Уитни).

Результаты

Концентрации тяжелых металлов в печени. Несмотря на то, что исследованные загрязненные участки располагались на расстоянии 6–13 км от завода, в печени кротов отмечены повышенные концентрации тяжелых металлов. Средний индекс общей токсической нагрузки в буферной зоне составляет 1,36 – для одномесячных кротов, и 1,53 – для животных старше одного года. Основным элементом, определяющим увеличение токсического воздействия, является кадмий. Его средняя концентрация в печени в буферной зоне в 2,63 раза превышает таковую на фоновой территории у взрослых особей и 1,8 – у сеголетов (табл. 1).

Таблица 1

**Концентрации тяжелых металлов в печени европейского крота
(мкг/г воздушно-сухой массы, среднее ± ошибка)**

Металл	Возраст	Зона токсической нагрузки		P
		фоновая	буферная	
Кадмий	взрослые	99,06 ± 6,20	260,12 ± 24,19	***
	молодые	13,03 ± 0,91	23,49 ± 1,60	***
Свинец	взрослые	3,82 ± 0,44	4,18 ± 0,40	
	молодые	4,45 ± 0,33	5,87 ± 0,50	
Медь	взрослые	31,81 ± 2,32	38,84 ± 2,80	
	молодые	32,93 ± 2,33	35,97 ± 2,40	
Цинк	взрослые	134,78 ± 8,37	159,38 ± 11,08	*
	молодые	135,12 ± 8,54	163,85 ± 9,87	*
n	взрослые	32	32	
	молодые	44	44	

Примечание: * P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001; дисперсионный анализ по логарифмированным данным.

Влияние возраста и пола на гематологические показатели. Результаты статистического анализа показали отсутствие половых различий по гематологическим показателям (табл. 2). Хорошо выраженный половой диморфизм наблюдается лишь в размерах и массе тела кротов: самцы в 1,2–1,4 раза тяжелее самок. Поэтому в дальнейшем самцы и самки рассматриваются вместе.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа различий гематологических показателей кротов между половозрастными группами и зонами токсической нагрузки

Показатели	df	Факторы и их взаимодействие						
		Пол	Возраст	Зона	Пол × возраст	Пол × зона	Возраст × зона	Пол × возраст × зона
P	1; 59	41.03** *	7.14**	0.72	0.50	0.05	0.11	0.50
Spl ^a	1; 46	1.48	4.82*	0.11	0.39	0.95	0.83	1.90
Spl% ^a	1; 46	0.22	11.3**	0.08	0.28	0.71	0.66	1.70
Nspl ^a	1; 46	0.32	3.81	0.17	0.14	0.03	1.95	1.30
Cspl	1; 46	0.06	0.62	0.05	0.28	0.29	5.80*	0.001
Nkm	1; 47	2.88	1.05	0.21	0.44	0.62	0.31	0.91
Ckm	1; 47	0.05	5.92*	0.10	1.14	0.92	0.14	0.64
RBC	1; 58	0.05	5.21*	0.26	0.001	0.08	0.001	0.07

Ht	1; 46	0.01	0.38	0.32	0.001	0.99	0.39	0.16
MCV	1; 46	3.34	9.35**	0.11	0.36	0.001	0.24	0.01
RDW _{sd} ^a	1; 46	1.31	9.97**	0.00	5.39*	0.25	2.96	0.57
RDW _{cv}	1; 46	0.06	0.41	0.27	4.43*	0.22	5.88*	0.18
RBCd	1; 40	0.02	3.08	2.99	0.03	0.03	0.63	0.62
Ret ^б	1, N = 65	-1.73	-2.27*	0.60				
Hb	1; 46	0.95	0.08	0.18	0.79	1.54	0.02	0.49
MCH ^a	1; 46	0.05	8.76**	0.05	1.44	0.62	0.01	0.48
MCHC ^a	1; 46	3.27	0.11	0.01	2.57	0.61	0.29	0.62
PLT	1; 45	0.11	0.31	2.37	1.21	0.86	1.76	1.59
PCT	1; 45	0.02	0.09	1.61	1.64	0.54	2.08	1.61
MPV ^a	1; 45	2.88	4.42*	0.02	0.001	0.04	0.16	0.02
WBC	1; 57	0.15	0.29	0.34	0.02	0.10	1.64	1.08
k	1; 31	0.61	2.59	0.29	1.86	0.29	0.80	0.02
Nmet ^б	1, N = 61	-0.60	0.52	-0.73	–	–	–	–
Nstab ^б	1, N = 61	-1.85	0.93	-0.13	–	–	–	–
Npol	1; 53	0.05	9.86**	0.001	0.001	0.02	0.03	5.40*
LYM	1; 53	0.01	10.8**	0.001	0.03	0.13	0.12	5.78*
EOS ^б	1, N = 61	0.95	1.69	0.48	–	–	–	–
MID ^б	1, N = 61	0.82	-1.97*	-0.28	–	–	–	–

Примечание: расшифровка показателей (табл. 3). Индексы показателей: отсутствие индекса – дисперсионный анализ, F – критерий Фишера, а – дисперсионный анализ по логарифмированным данным, б – сравнение с помощью критерия Манна-Уитни. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

Наиболее существенные различия выявлены в зависимости от возраста животных. Большинство морфофизиологических индексов органов выше у одномесячных кротов, в том числе и селезенки. Связано это, отчасти, со значительным увеличением мышечной массы у взрослых кротов при относительном сохранении размеров внутренних органов. У взрослых животных увеличивается общее количество эритроцитов, но уменьшается их объем и содержание гемоглобина в одном эритроците. Это приводит, в конечном итоге, к неизменным концентрациям гемоглобина в эритроците и в крови. С возрастом снижается концентрация клеток костного мозга и процент незрелых форм эритроцитов в крови, уменьшается объем тромбоцитов. У взрослых кротов также отмечено увеличение процентного содержания сегментоядерных нейтрофилов, наряду со снижением такового для лимфоцитов (табл. 3).

Влияние токсической нагрузки на гематологические показатели. Степень удаления от источника выбросов не показала статистически значимого влияния на рассмотренные параметры системы крови кротов. Лишь у молодых кротов в буферной зоне отмечены повышенная концентрация клеток в селезенке и больший коэффициент вариации распределения эритроцитов по объему. Корреляционный анализ, проведенный отдельно для взрослых и молодых кротов, показал отсутствие связей между концентрацией тяжелых металлов в печени и гематологическими показателями.

В качестве другого показателя величины воздействия мы использовали долю «пораженных особей», отражающую наличие в популяции особей, у которых наблюдаются критические уровни какого-либо показателя [1]. Определение предела нормы проводили по 95%-ному интервалу значений у животных с фоновой территории. Анализ распределения кротов по концентрации гемоглобина выявил 21,4 % анемич-

ных кротов на буферной территории (Hb менее 165 г/л), представленных в основном сеголетками, различие с фоновой выборкой значимо на 6%-ном уровне. Только у двух кротов, имеющих самую низкую концентрацию гемоглобина (менее 110 г/л), анемия была обусловлена низким содержанием эритроцитов (ниже $7 \times 10^{12}/л$) и угнетенным мозговым кроветворением у одного из них, у остальных – небольшой концентрацией гемоглобина в эритроците (менее 39 %). По другим показателям различий между выборками не обнаружено.

Обсуждение

Как было уже отмечено, содержание ряда тяжелых металлов (кадмия и цинка) в печени кротов в буферной зоне превысило фоновые значения. Концентрации кадмия были очень высоки на всех территориях: разброс значений у взрослых животных в фоновой зоне находился в пределах 2–194 мкг/г, в буферной зоне – от 46 до 547 мкг/г.

Высокие концентрации кадмия считаются характерными для некоторых хищных мелких млекопитающих, в частности, землероек [17, 19]. В качестве причины указывают обнаруженную у дождевых червей способность к интенсивному аккумулярованию этого металла. Дождевые черви, в свою очередь, являются одним из основных пищевых объектов насекомых, и в том числе – кротов.

Сопоставление полученных данных с другими подобными работами выявило общий повышенный уровень токсической нагрузки у исследованных кротов. Концентрации тяжелых металлов в печени, описанные нами для фоновых территорий Свердловской области, выше (для цинка и меди) или сопоставимы с уровнями, приводимыми для кротов урбанизированных территорий в Австрии и Финляндии [12, 15]. Уровень токсической нагрузки в буферной зоне СУМЗа аналогичен описанному для кротов с пастбищ, подверженных промышленному атмосферному загрязнению [13].

Таблица 3

**Показатели периферической крови крота
(среднее ± ошибка, в скобках – размер выборки)**

Показатели	Молодые		Взрослые		p < 0,5
	Фон (1)	Буфер (2)	Фон (3)	Буфер (4)	
P	63,0 ± 3,4 (22)	60,6 ± 2,7 (20)	75,3 ± 3,2 (13)	76,7 ± 3,6 (12)	1,2–3,4
Spl ^a	332,5 ± 53,7 (15)	421,9 ± 44,5 (18)	296,7 ± 62,9 (10)	248,7 ± 23,4 (11)	2–3,4
Spl% ^a	5,59 ± 0,68 (15)	7,37 ± 0,82 (18)	4,02 ± 0,82 (10)	3,34 ± 0,27 (11)	1,2–3,4
Nspl ^a	354,2 ± 47,5 (15)	604,8 ± 68,1 (18)	470,1 ± 154,2 (10)	276,1 ± 45,8 (11)	2–3,4
Cspl	1,1 ± 0,05 (15)	1,45 ± 0,11 (18)	1,32 ± 0,19 (10)	1,06 ± 0,1 (11)	2–1,4
Nkm	44,59 ± 2,65 (16)	51 ± 4,46 (18)	43,28 ± 9,02 (10)	50,44 ± 7,82 (11)	–
Ckm	0,82 ± 0,05 (16)	0,9 ± 0,08 (18)	0,58 ± 0,11 (10)	0,68 ± 0,1 (11)	2–3
RBC	11,79 ± 0,46 (23)	11,39 ± 0,51 (20)	13,29 ± 0,53 (12)	12,96 ± 0,59 (11)	2–3
Ht	45,73 ± 1,16 (17)	42,7 ± 1,61 (18)	45,09 ± 1,78 (9)	45,85 ± 1,2 (10)	
MCV	37,73 ± 0,58 (17)	37,32 ± 0,83 (18)	34 ± 0,73 (9)	34,17 ± 0,64 (10)	1,2–3,4
RDW _{sd} ^a	30,1 ± 0,62 (17)	32,42 ± 1,01 (18)	28,56 ± 0,84 (9)	27,74 ± 0,55 (10)	1–2,4; 2– 1,3,4;
RDW _{cv}	20,24 ± 0,35	21,94 ± 0,47	21,32 ± 0,52 (9)	20,61 ± 0,39	2–1,4

	(17)	(18)		(10)	
RBCd	5,24 ± 0,04 (18)	5,3 ± 0,06 (12)	5,06 ± 0,05 (10)	5,21 ± 0,06 (8)	1,2–3
Ret ⁶	3,36 ± 0,53 (23)	5,12 ± 0,75 (20)	3,68 ± 0,83 (12)	1,61 ± 0,51 (10)	2–1,4
Hb	193,6 ± 5,32 (17)	180,6 ± 8,42 (18)	193,5 ± 8,89 (9)	193,8 ± 5,58 (10)	
MCH ^a	15,93 ± 0,17 (17)	15,68 ± 0,51 (18)	14,59 ± 0,45 (9)	14,43 ± 0,23 (10)	1,2–4; 1–3
MCHC ^a	42,38 ± 0,76 (17)	42,26 ± 1,46 (18)	42,87 ± 0,78 (9)	42,28 ± 0,61 (10)	–
PLT	433,8 ± 62,4 (17)	458,2 ± 56,3 (18)	418,2 ± 80,0 (8)	556,3 ± 71,7 (10)	–
PCT	0,27 ± 0,04 (17)	0,26 ± 0,03 (18)	0,24 ± 0,05 (8)	0,32 ± 0,04 (10)	–
MPV ^a	6,31 ± 0,26 (17)	6,07 ± 0,22 (18)	5,7 ± 0,17 (8)	5,84 ± 0,19 (10)	–
WBC ^a	6,15 ± 0,87 (22)	6,66 ± 0,95 (20)	8,17 ± 1,5 (12)	4,91 ± 0,58 (11)	–
k	0,71 ± 0,13 (16)	0,61 ± 0,16 (13)	0,87 ± 0,29 (6)	1,23 ± 0,11 (4)	–
Nmet ⁶	0,19 ± 0,12 (22)	0,05 ± 0,05 (16)	0,22 ± 0,15 (12)	0,13 ± 0,09 (11)	–
Nstab ⁶	1,45 ± 0,47 (22)	0,99 ± 0,32 (16)	1,83 ± 0,72 (12)	2,1 ± 0,74 (11)	–
Npol	46,78 ± 3,77 (22)	43,91 ± 4,06 (16)	62,77 ± 4,64 (12)	58,97 ± 6,49 (11)	1–3; 2– 3,4
LYM	47,31 ± 3,92 (22)	51 ± 4,23 (16)	30,96 ± 4,91 (12)	35,02 ± 6,29 (11)	1–3; 2– 3,4
EOS ⁶	0,95 ± 0,34 (22)	1,32 ± 0,65 (16)	2,07 ± 0,89 (12)	1,33 ± 0,58 (11)	–
MID ⁶	3,32 ± 0,46 (22)	2,71 ± 0,53 (16)	2,14 ± 0,96 (12)	2,45 ± 0,7 (11)	–

Примечание: P – масса тела с вычетом желудка, г; Spl – масса селезенки, мг; Spl% – индекс селезенки, %; Nspl – количество клеток в селезенке, 10³; Cspl – концентрация клеток в селезенке, 10³/мг массы селезенки; Nkm – клеточность костного мозга диафиза бедренной кости, 10³; Skm – концентрация клеток костного мозга, 10³/г массы тела; RBC – концентрация эритроцитов крови, 10¹²/л; Ht – гематокрит, %; MCV – объем эритроцитов, фл; RDW_{sd} – ширина основания кривой распределения эритроцитов (коэффициент анизоцитоза эритроцитов), %; RDW_{cv} – коэффициент вариации кривой распределения эритроцитов; RBCd – диаметр эритроцита, мкм; Ret – ретикулоциты, %; Hb – концентрация гемоглобина крови, г/л; MCH – содержание гемоглобина в эритроците, пг; MCHC – концентрация гемоглобина в эритроците, %; PLT – тромбоциты, 10⁹/л; PCT – тромбокрит, %; MPV – объем тромбоцита, фл; WBC – лейкоциты, 10⁹/л; k – коэффициент активности пероксидазы-эндогенной перекиси водорода; Nmet – нейтрофильные метамиелоциты, %; Nstab – палочкоядерные нейтрофилы, %; Npol – сегментоядерные нейтрофилы, %; LYM – лимфоциты, %; EOS – эозинофилы, %; MID – моноциты, %.

Может возникнуть предположение, что территория, принятая нами в качестве контрольной, на самом деле не является таковой. Однако исследования характера техногенной трансформации экосистем, основанные на особенностях изменения фитоценозов в районе исследования [3], подтверждают валидность выбранного нами экотоксикологического профиля.

Таким образом, высокие концентрации металлов в кротах на фоновой территории являются, по-видимому, характерной особенностью данной местности, связанной, вероятно, с высоким уровнем промышленной активности в регионе.

Полевыми и лабораторными исследованиями на других видах мелких млекопитающих и птиц было показано, что тяжелые металлы (особенно такие высокотоксичные, как свинец и кадмий) могут вызывать гемолиз эритроцитов и разрушение эритроцитов, что приводит к интенсификации эритропоэза.

Ряд авторов отмечает возрастание гемоглобина в крови [8, 14], в то время как другие описывают снижение уровня гемоглобина, числа эритроцитов или гематокрита [5, 7, 16]. Интоксикация кадмием может приводить также к развитию тромбоцитопении [5].

В ряде исследований упоминаются связанные с загрязнением изменения лейкоцитарной формулы. У рыжих полевок, отловленных в непосредственной близости от завода, увеличивается число сегментоядерных нейтрофилов, в буферной зоне – лимфоцитов [8]. У птенцов мухоловки-пеструшки [7] в буферной зоне повышается содержание лимфоцитов и эозинофилов.

В нашем случае ни один из рассмотренных показателей статистически значимо не изменялся в зависимости от уровня загрязнения. Нам удалось зафиксировать некоторое увеличение доли анемичных особей, а также гиперплазию селезенки у молодых животных на загрязненной территории. Последнее может быть связано с увеличением депонирующей функции селезенки и усиленным разрушением эритроцитов [2]. Ранее нами было показано [9, 10], что с повышением уровня загрязнения изменяется также ряд популяционных показателей (снижается численность, уменьшается средний возраст популяции, увеличивается плодовитость). Однако относительная стабильность показателей крови в градиенте загрязнения позволяет предположить, что они достаточно слабо связаны с накоплением тяжелых металлов, в частности, Cd и Zn. Как показано выше, кроты с возрастом способны аккумулировать высокие концентрации Cd как на загрязненных, так и на «чистых» территориях. Таким образом, мы можем заключить, что в популяции европейского крота в буферной зоне СУМЗа отмечаются только неспецифические начальные стадии реакции на неблагоприятные условия существования.

Библиографический список

1. **Безель, В. С.** Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты / В. С. Безель; под ред. Е. Л. Воробейчика. – Екатеринбург: Голицынский, 2006. – 280 с.
2. **Васильев, Н. В.** Система крови и неспецифическая резистентность в экстремальных климатических условиях / Н. В. Васильев, Ю. М. Захаров, Т. И. Коляда. – Новосибирск: Наука, 1992. – 256 с.
3. **Воробейчик, Е. Л.** Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень) / Е. Л. Воробейчик, О. Ф. Садыков, М. Г. Фарафонов. – Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. – 280 с.
4. **Клевезаль, Г. А.** Регистрирующие структуры млекопитающих в зоологических исследованиях / Г. А. Клевезаль. – М.: Наука, 1988. – 288 с.
5. **Ковальчук, Л. А.** Кровь как интегрирующая среда организма в условиях техногенного загрязнения / Л. А. Ковальчук, О. А. Сатонкина, А. Э. Тарханова // Особь и популяция – стратегии жизни: мат-лы докладов IX Всерос. попул. семинара. – Уфа, 2006. – Ч. 1. – С. 346–351.
6. **Коржуев, П. А.** Гемоглобин. Сравнительная физиология и биохимия / П. А. Коржуев. – М.: Наука, 1964. – 287 с.
7. **Лугаськова, Н. В.** Гематологические характеристики мухоловки-пеструшки (*Ficedula hypoleuca* Pall.) в условиях промышленного загрязнения / Н. В. Лугаськова, А. А. Карфидова, Е. А. Бельский // Сибирский экол. журнал. – 2005. – № 3. – С. 507–514.
8. **Мухачева, С. В.** К оценке качества «популяционного резерва» населения рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*, Schreber, 1780) в градиенте техногенного загрязнения среды обитания / С. В. Мухачева, Э. А. Тарахтий // Экология промышленного региона и экологическое образование. – Нижний Тагил, 2006. – С. 118–126.
9. **Нуртдинова, Д. В.** Популяционные особенности европейского крота (*Talpa europaea* L.) на техногенных территориях Среднего Урала / Д. В. Нуртдинова // Животный мир горных территорий. – М.: Т-во науч. изданий КМК, 2009. – С. 382–388.
10. **Нуртдинова, Д. В.** Реакция популяции европейского крота (*Talpa europaea* L.) на техногенное загрязнение среды обитания / Д. В. Нуртдинова // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 2. – С. 68–73.
11. **Роговин, В. В.** Цитохимический тест для определения активности системы пероксидаза-эндогенная перекись водорода в нейтрофилах крови человека / В. В. Роговин, Т. Л. Мигдал, Е. А. Подовинникова [и др.] // Известия АН СССР. – 1976. – № 3. – С. 453–455. – (Сер. Биол.).
12. **Komarnicki, G. J. K.** Tissue, sex and age specific accumulation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) by populations of the mole (*Talpa europaea* L.) in a central urban area / G. J. K. Komarnicki // Chemosphere. – 2000. – Vol. 41. – P. 1593–1602.

13. **Ma, W. C.** Heavy metal accumulation in the mole, *Talpa europaea*, and earthworms as an indicator of metal bioavailability in terrestrial environments / W. C. Ma // Bull. Environ. Contam. Toxicol. – 1987. – Vol. 39. – P. 933–938.
14. **Nunes, A. C.** Morphological and haematological parameters in the Algerian mouse (*Mus spretus*) inhabiting an area contaminated with heavy metals / A. C. Nunes, M. da Luz Mathias, A. M. Crespo // Environ. Pollut. – 2001. – Vol. 113, № 1. – P. 87–93.
15. **Pankakoski, E.** Accumulation of heavy metals in the mole in Finland / E. Pankakoski, H. Hyvärinen, M. Jalkanen // Environ. Pollut. – 1993. – Vol. 80. – P. 9–16.
16. **Rogival, D.** Metal blood levels and hematological characteristics in wood mice (*Apodemus sylvaticus* L.) along a metal pollution gradient / D. Rogival, J. Scheirs, W. De Coen // Environ. Toxicology and chemistry. – 2006. – Vol. 25, № 1. – P. 149–157.
17. **Spurgeon, D. J.** Risk assessment of the threat of secondary poisoning by metals to predators of earthworms in the vicinity of a primary smelting works / D. J. Spurgeon, S. P. Hopkin // The science of the total environ. – 1996. – Vol. 187. – P. 167–183.
18. **Tersago, K.** Immunotoxicology in wood mice along a heavy metal pollution gradient / K. Tersago, W. De Coen, J. Scheirs // Environ. Pollut. – 2004. – Vol. 132, № 3. – P. 385–394.
19. **Veltman, K.** Cadmium accumulation in herbivorous and carnivorous small mammals: meta-analysis of field data and validation of the bioaccumulation model optimal modeling for ecotoxicological applications / K. Veltman, M. A. J. Huijbregts, T. Hamers // Environ. Toxicology and chemistry. – 2007. – Vol. 26, № 7. – P. 1488–1496.

УДК 597.442.111.1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЫ СЕВРЮГИ (*ACIPENSER STELLATUS*) ПО ДАННЫМ ИММУНОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АНТИГЕННОГО СОСТАВА ИХ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

Переварюха Татьяна Юрьевна¹, аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии

Гераскин Петр Петрович², кандидат биологических наук, заведующий лабораторией

Переварюха Юрий Николаевич², кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Мельник Ирина Викторовна¹, доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры гидробиологии и общей экологии

Астраханский государственный технический университет¹

414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16/б,

тел. (8512) 614-586, e-mail: perevaruha@rambler.ru

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства²

414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1,

тел. (8512) 255-492, e-mail: ppg46@mail.ru

*Методами иммунохимического анализа изучали антигенный состав сывороточных белков сезонных рас севрюги *Acipenser stellatus* бассейнов рек Волги и Куры. Антигены сывороточных белков севрюги с нормальными гомо- и гетероантисыворотками иммуноэлектрофоретически дифференцируются на 20–21 компонент. Перекрестная абсорбция антисывороток выявила наличие специфических антигенов. Яровая волжская севрюга отличается от озимой севрюги одним антигеном, который относится к α_2 -глобулинам. У озимой севрюги нет специфических антигенов. Обнаруженный у яровой волжской севрюги антиген выявляется и у яровой расы куринской севрюги, а также имеется у рыб обоего пола и обнаруживается как в морской, так и в речной периоды жизни. Делается вывод о возможности по наличию или отсутствию этого антигена различать севрюг различных рас и тем самым контролировать популяционную структуру севрюги в бассейне Каспийского моря.*

Ключевые слова: севрюга *Acipenser stellatus*, Каспийское море, иммунохимический анализ, сезонные расы.