

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМЕ ВОЛКА (*Canis lupus L.*) НА ЮГЕ УКРАИНЫ

В. И. Домнич, Я. В. Ерхов

Запорізький національний університет

НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ОРГАНІЗМІ ВОВКА (*Canis lupus L.*) НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Представлені значення вмісту *Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Fe* у тулубових м'язах, серці, печінці, нирках, легнях та селезінці вовка. Розглядається характер розташування металів у його організмі. Зроблений розрахунок статистичних даних. Визначена можливість використання вовка як біоіндикатора забруднення навколишнього середовища важкими металами.

Ключові слова: важкі метали, накопичення, хижі тварини, органи вовка, біоіндикація, забруднення, навколишнє середовище.

V. I. Domnich, Ya. V. Yerkhov

Zaporizhzhya National University

HEAVY METALS CONTENT IN THE ORGANISM OF WOLF (*Canis lupus L.*) INHABITED IN SOUTH-UKRAINE

This paper presents the value of *Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Fe* content in muscular tissue, heart, liver, kidneys, lungs and spleen of *canis lupus*. The heavy metals distribution pattern in organism of *canis lupus* is analyzed. The calculation of statistical data is given. Here the possibility to use *canis lupus* as a heavy metals pollutant in environment is considered.

Key words: heavy metals, accumulation, carnivorous mammals, organs of *canis lupus*, bioindication, pollution, environment.

В настоящее время возрастает пресс антропогенных факторов на естественные экосистемы, что вызывает значительные трансформационные процессы. Одним из основных факторов трансформации является загрязнение естественных экосистем промышленными выбросами, где преобладающими компонентами выступают тяжелые металлы.

На юге Украины возрастает уровень техногенной нагрузки, поэтому исследования, направленные на изучение степени накопления тяжелых металлов организмами биоты, приобретают исключительно важное теоретическое и практическое значение. Особый интерес в этом отношении представляет установление закономерностей накопления ингредиентов загрязнения хищными животными как высшим гетеротрофным звеном экосистем юга Украины. Ранее было изучено содержание тяжелых металлов у различных животных, это прежде всего автотрофы и гетеротрофы разных трофических уровней, преимущественно первого и второго. Третий трофический уровень исследован недостаточно. В связи с этим объектом нашего исследования выбран волк как вид, занимающий наиболее высокое место в общей трофической цепи экосистемы, и как объект, в этом отношении практически не изученный.

При переходе с одного трофического уровня на другой содержание тяжелых металлов увеличивается (Михеева, 2003). При этом наибольшая их концентрация наблюдается у хищных животных (Блакберн, 2003), занимающих значительное место в миграции микроэлементов в экосистемах (Покаржевский, 1985).

Для мониторинга качества окружающей среды и охотничьей продукции, получаемой в зоне техногенного воздействия, необходимо определить природные объекты, которые могут выступать биоиндикаторами загрязнения. Хотя хищные животные и изучались в качестве биологических индикаторов загрязнения окружающей среды, в научной литературе приводится сравнительно немного работ по использованию их

в биомониторинге. Так, ряд авторов (Polle, 1998; Harding, 1998) исследовали норку и выдру в Канаде и в США (Sheffield, 1998); выдра также изучалась в Австрии (Gutleb, 1998); проводились исследования барсука и куницы в США (Sheffield, 1998); была изучена кольчатая нерпа в России (Ивантер, 1998), выдра и рысь в Испании (Hernandes, 1985), а также лисица на юго-востоке Украины (Домнич, 2004).

На территории юга Украины наиболее многочисленными крупными хищниками являются лисица обыкновенная, енотовидная собака и волк обыкновенный. Волк здесь является наиболее крупным видом. Враги у него отсутствуют, а конкурентами являются в основном лисица и енотовидная собака (Бибииков, 1985).

В охотничьих хозяйствах юга Украины волк добывается в достаточно больших количествах, что обусловлено довольно значительной численностью зверя в данном регионе. Это дает возможность собирать репрезентативный материал для его дальнейшего анализа.

Таким образом, определение содержания тяжелых металлов в органах и тканях волка обыкновенного даст возможность выявления мест концентрации данных загрязнителей в организме хищника, а также определит возможность загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы почек, печени, сердца, мышечной ткани, легкого, селезенки волка отбирали в течение 2001–2004 гг. от особей, добытых при облавах, а также при проведении коллективных охот в охотничьих угодьях Запорожской и Николаевской областей. Материал был собран от 13 волков: 8 самцов и 5 самок.

При отборе проб регистрировали пол, вес животных и вес их внутренних органов. Образцы внутренних органов и тканей хранили при температуре -20°C . Пробы органов и тканей волка определяли на содержание *Pb*, *Zn*, *Cu*, *Ni*, *Cr*, *Cd*, *Fe* по стандартной методике, способом сухой минерализации с добавлением азотной кислоты (ГОСТ 26929-94, 1984). Перевод проб в растворенное состояние производили по опробованной методике (ГОСТ 26934-86, 1984). Концентрацию тяжелых металлов в образцах органов волка определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (Брицке, 1982) на спектрофотометре С-600 фирмы «Semi». Всего выполнено 546 анализов, проводимых в 3-кратной повторности. За ПДК (предельно допустимые концентрации) взяты допустимые уровни содержания тяжелых металлов в продукции животного и растительного происхождения и прочего сырья согласно стандартам государственных лабораторий ветмедицины (Наказ № 16 «Про затвердження обов'язкового мінімального переліку досліджень ...», 1998).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно результатам исследований тяжелые металлы накапливаются в органах и тканях волка в различных концентрациях. Данные об их накоплении, а также ПДК *Pb*, *Zn*, *Cu* и *Cd* приведены в сводной табл. 1.

С в и н е ц . В максимальных количествах в органах и тканях волка свинец содержится в печени ($9,50 \pm 3,59$ мг/кг) и почках ($9,47 \pm 6,78$ мг/кг). Минимальная его концентрация наблюдается в сердце ($1,84 \pm 1,31$ мг/кг) и селезенке ($0,51 \pm 0,32$ мг/кг). Что касается сравнения полученных данных с ПДК, то средние арифметические значения содержания свинца в органах и тканях волка везде, кроме селезенки, превышают значения ПДК. В почках свинец превышает предельно допустимые концентрации в 9,5 раза, в печени – в 15,83 раза, в сердце – в 3,68, в легких – в 5,95, а мышечной ткани – в 10,76 раза. Максимальное зарегистрированное значение содержания свинца также превышает ПДК, в частности, в почках – в 65,9 раза, в легких и мышечной ткани – в 43,2 и 51,8 раза соответственно; в сердце – в 27,4 раза, в печени – в 32,3 раза, в селезенке – в 3,1 раза (табл. 1).

Наблюдается значительная положительная зависимость между содержанием свинца в сердце и мышечной ткани ($r=0,75$), селезенке и мышечной ткани ($r=0,72$), почках и печени волка ($r=0,62$), почках и мышечной ткани ($r=0,53$), печени и мышеч-

ной ткани ($r=0,52$). То есть наблюдается увеличение концентрации свинца в мышцах при его увеличении в сердце, селезенке и почках, а также возрастание содержания свинца в печени при увеличении его уровня в почках. Отрицательная корреляция наблюдается между содержанием свинца в сердце и селезенке ($r=-0,39$), а также в легких и почках ($r=-0,25$) (табл. 2). В мышечной ткани концентрация свинца по сравнению с органами уменьшается, но все же остается достаточно высокой (больше в 9,4 раза).

Сравнение полученных нами результатов с литературными данными по накоплению свинца у лисицы показало, что в почках и печени волка содержание свинца многократно превышает концентрацию этого металла. Так, в почках волка свинца в среднем в 31,9 раза больше, чем в почках лисицы, а в печени – в 32,5 раза больше (Домнич, 2004).

Цинк. Наибольшее содержание цинка в организме волка наблюдается в почках и печени ($26,68 \pm 14,89$ и $18,6 \pm 8,46$ мг/кг), минимальное – в легких и сердце и составляет $16,04 \pm 4,47$ и $12,45 \pm 10,75$ мг/кг соответственно (табл. 1). Сравнивая полученные данные с ПДК, мы видим, что максимальные концентрации цинка почти во всех исследуемых органах волка ниже ПДК. В почках же уровень содержания цинка превышает предельно допустимые концентрации в 1,6 раза.

Положительные зависимости содержания цинка в организме волка прослеживаются между органами: легкие – почки ($r=0,42$), печень – мышечная ткань ($r=0,31$), селезенка – мышечная ткань ($r=0,30$). То есть при увеличении концентрации цинка в легких наблюдается увеличение этого металла в почках. А при росте концентрации в печени или селезенке наблюдается увеличение содержания цинка в мышечной ткани. Наиболее значительная отрицательная корреляция наблюдается между содержанием цинка в сердце и селезенке ($r=-0,59$).

При сравнении литературных данных по содержанию цинка в организме другого хищника – нерпы было обнаружено, что в печени волка цинка содержится в 2 раза меньше, чем в печени нерпы. Концентрация цинка в мышечной ткани волка в 2,1 раза меньше, чем в мышечной ткани нерпы, а в почках волка и нерпы почти одинаковая (Ивантер, 1998).

Медь. Максимальные количества содержания меди отмечаются в сердце и почках ($10,11 \pm 7,75$ и $5,06 \pm 3,55$ мг/кг), минимальные концентрации меди наблюдаются в печени и селезенке – $3,29 \pm 1,9$ и $1,49 \pm 1,29$ мг/кг соответственно (табл. 1). Максимальные показатели содержания меди во всех органах волка, кроме селезенки, превышают ПДК. Так, в сердце уровень содержания меди в 4,1 раза превышает предельно допустимые концентрации: в мышечной ткани – в 3,7 раза, в почках – в 2,1 раза, а в легких и в печени – в 1,1 раза. Максимальные значения концентрации меди в селезенке волка ниже по сравнению с ПДК в 2,7 раза.

Положительная корреляция по содержанию меди (табл. 2) наблюдается между ее содержанием в почках и печени ($r=0,98$), селезенке и мышечной ткани ($r=0,74$), легких и почках ($r=0,39$). Отрицательная корреляция наблюдается между содержанием меди в сердце и селезенке ($r=-0,34$).

Сравнивая полученные результаты с литературными данными, видим, что в почках волка уровень меди ниже в 1,3 раза, чем в почках лисицы. А в печени, напротив, в 2,2 раза выше (Домнич, 2004). В сравнении с выдрой (Британская Колумбия) в печени волка меди содержится в 7,3 раза меньше. А в сравнении с норкой уровень меди в печени волка меньше в 7,9 раза (Harding, 1998).

Никель. Максимальное содержание никеля в органах волка наблюдается в мышечной ткани и почках ($8,27 \pm 8,04$ и $7,95 \pm 2,84$ мг/кг). Минимальное содержание этого металла – в легких ($0,37 \pm 0,14$ мг/кг) и селезенке ($0,31 \pm 0,19$ мг/кг) (табл. 1).

Наблюдается положительная зависимость между содержанием никеля в почках и печени волка ($r=0,98$), а также печени и мышечной ткани ($r=0,30$) (табл. 2). Отрицательная корреляция содержания никеля в организме волка наблюдается в сердце и мышечной ткани ($r=-0,53$), почках и мышечной ткани ($r=-0,34$), а также сердце и легких ($r=-0,3$) (табл. 2).

В почках волка никеля содержится, по сравнению с содержанием в почках лисицы, в 1,4 раза больше. А в печени, напротив, в 16,6 раза меньше, чем в печени лисицы (Домнич, 2004).

Таблица 2

Коэффициент корреляции (r) между содержанием тяжелых металлов в органах и тканях волка (*Canis lupus L.*) на юге Украины

Наименование исследуемых органов	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Cd	Fe
1. Почка–печень	0,62*	0,0005*	0,98**	0,98**	0,89*	0,96**	0,096*
2. Сердце–легкие	0,27**	-0,01*	0,21*	-0,3*	0,36*	0,64*	0,51**
3. Печень–мышечная ткань	0,52*	0,31**	0,17*	0,3**	-0,07*	0,9**	-0,33*
4. Почка–мышечная ткань	0,53*	-0,11*	0,13*	-0,34*	-0,23**	0,97*	0,26*
5. Селезенка–мышечная ткань	0,72**	0,3**	0,74**	-0,08*	-0,17*	0,21**	0,41*
6. Сердце–мышечная ткань	0,75*	-0,02*	0,17*	-0,53**	0,01*	0,92*	0,11**
7. Сердце–селезенка	-0,39**	-0,58*	-0,33*	-0,08*	-0,11*	-0,72**	-0,56*

*Доверительная вероятность составляет: P=0,05.

**Доверительная вероятность составляет: P=0,01.

Х р о м . Наибольшая концентрация хрома в организме волка наблюдается в печени и почках ($20,57 \pm 0,13$ и $2,7 \pm 0,74$ мг/кг соответственно). Минимальное количество хрома обнаружено в сердце ($0,66 \pm 0,21$ мг/кг) и мышечной ткани ($0,65 \pm 0,21$ мг/кг).

Между содержанием хрома в органах волка – почках и печени, а также в сердце и легких наблюдается положительная зависимость. Она составляет: между почками и печенью: $r=0,89$, а между сердцем и легкими: $r=0,36$ (табл. 2). Наиболее значительная отрицательная корреляция наблюдается между содержанием хрома в почках и мышечной ткани волка ($r=-0,23$).

Сравнивая содержание хрома в почках и печени двух обитающих на юге Украины хищников – лисицы (Домнич, 2004) и волка, можно отметить, что содержание хрома в почках волка в 33,9 раза превышает таковой у лисицы, а в печени его содержание выше в 257,1 раза.

К а д м и й . Максимальное количество кадмия содержится в мышечной ткани и почках ($1,77 \pm 1,25$ и $1,28 \pm 0,79$), минимальное - в легких и селезенке (по $0,01 \pm 0,002$ мг/кг в каждом органе соответственно). Средние значения содержания кадмия превышают ПДК почти во всех органах – исключение составляют легкие и селезенка (меньше ПДК в 30 раз). Так, относительно средних значений в мышечной ткани содержание кадмия превышает ПДК в 35,4 раза, в печени в 2,8 раза, а в сердце в 2,3 раза.

Значительная положительная корреляционная связь по содержанию кадмия наблюдается между почками и мышечной тканью ($r=0,97$), почками и печенью ($r=0,96$), сердцем и мышечной тканью ($r=0,92$), печенью и мышечной тканью ($r=0,91$), сердцем и легкими ($r=0,64$) (табл. 2). Отрицательная зависимость содержания кадмия в организме волка наблюдается в сердце и селезенке ($r=-0,72$) (табл. 2).

В сравнении с накоплением кадмия в организме лисицы обыкновенной можно сказать, что уровень концентрации кадмия в почках волка в 14,2 раза выше, чем в почках лисицы. А в печени – в 28,5 раза больше (Домнич, 2004). По сравнению с на-

коплением кадмия в печени выдры (Polle, 1998) у волка этого элемента содержится в 2,3 раза больше ($0,85 \pm 0,53$ мг/кг – у волка и $0,36 \pm 0,29$ мг/кг – у выдры). По сравнению с уровнем кадмия в печени норки ($0,68 \pm 0,67$ мг/кг) у волка уровень этого металла больше в 1,2 раза. Также в печени волка кадмия содержится в 2,3 раза больше, чем в печени выдры из Британской Колумбии, и его содержание в печени составляло $0,85 \pm 0,53$ и $0,36 \pm 0,29$ мг/кг соответственно (Harding, 1998).

Железо. Содержание железа в органах и тканях волка в наибольшем количестве отмечается в легких и сердце ($15,76 \pm 8,29$ и $19,53 \pm 8,09$ мг/кг), а наименьшее содержание – в печени и почках (соответственно $11,96 \pm 5,37$ и $5,17 \pm 5,03$ мг/кг).

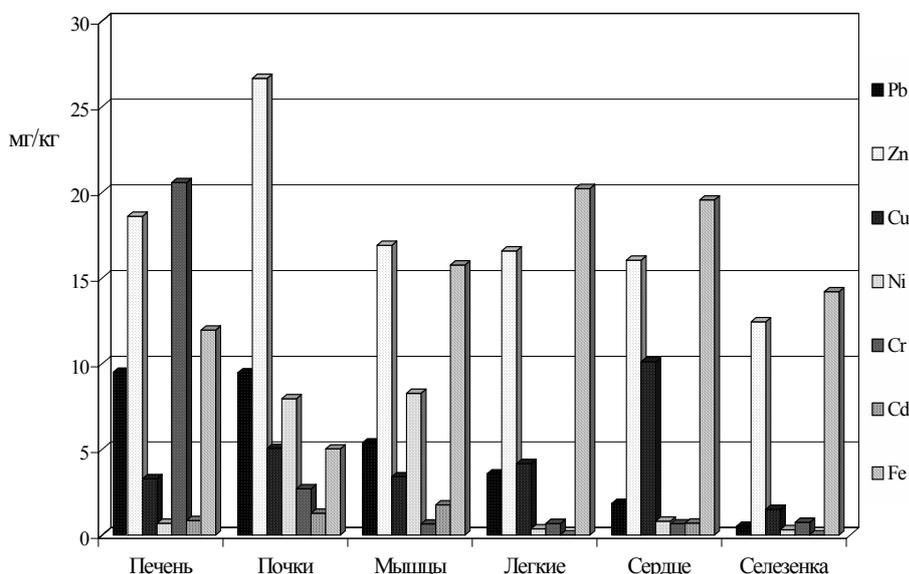
Наиболее значительно коррелировали между собой данные по содержанию железа в легких и почках ($r=0,84$), сердце и легких ($r=0,51$), селезенке и мышечной ткани ($r=0,41$), почках и мышечной ткани ($r=0,26$) (табл. 2). Отрицательная зависимость наблюдается между содержанием железа в сердце и селезенке ($r=-0,56$), а также печени и мышечной ткани ($r=-0,33$).

При сравнении содержания железа в почках лисицы (Домнич, 2004) и волка, видим, что у волка уровень железа в 3,3 раза больше, чем у лисицы. В печени же волка железа в 7,5 раза меньше.

Сравнительный анализ полученных нами результатов с литературными данными показывает, что у волка, обитающего в тех же условиях загрязнения, что и лисица обыкновенная, тяжелые элементы накапливаются более интенсивно. По сравнению с другими хищными млекопитающими, обитающими в иных условиях загрязнения, накопление тяжелых металлов в организме волка еще более интенсивно.

Анализируя характеристику содержания тяжелых металлов в различных органах волка, обитающего в условиях загрязнения экосистем юга Украины (рисунок), отметим следующие закономерности последовательности накопления тяжелых металлов (в порядке убывания):

- в почках $Zn \rightarrow Pb \rightarrow Ni \rightarrow Fe \rightarrow Cu \rightarrow Cr \rightarrow Cd$;
- в печени: $Cr \rightarrow Zn \rightarrow Fe \rightarrow Pb \rightarrow Cu \rightarrow Cd \rightarrow Ni$;
- в сердце: $Fe \rightarrow Zn \rightarrow Cu \rightarrow Pb \rightarrow Ni \rightarrow Cd \rightarrow Cr$;
- в мышечной ткани: $Zn \rightarrow Fe \rightarrow Ni \rightarrow Pb \rightarrow Cu \rightarrow Cd \rightarrow Cr$;
- в легких: $Fe \rightarrow Zn \rightarrow Cu \rightarrow Pb \rightarrow Cr \rightarrow Ni \rightarrow Cd$;
- в селезенке: $Zn \rightarrow Fe \rightarrow Cu \rightarrow Cr \rightarrow Pb \rightarrow Ni \rightarrow Cd$.



Накопление тяжелых металлов в органах волка (мг/кг сырого веса) (усредненные данные за 2001–2004 гг.)

Ранее нами выяснено, что у лисицы обыкновенной, обитающей в сходных условиях загрязнения, отмечается несколько иная последовательность накопления тяжелых металлов (Домнич, 2004). Так, в почках лисицы меди содержится больше, чем никеля и свинца, железа содержится меньше, чем никеля, а кадмия содержится больше, чем хрома. В печени никеля содержится больше, чем меди и железа, свинца – меньше железа, а кадмия – меньше хрома. Распределение металлов находится в следующей последовательности:

в почках: $Cu \rightarrow Ni \rightarrow Fe \rightarrow Pb \rightarrow Cd \rightarrow Cr$;

в печени: $Ni \rightarrow Cu \rightarrow Fe \rightarrow Pb \rightarrow Cr \rightarrow Cd$ (Домнич, 2004).

В отношении последовательности уровня накопления тяжелых металлов у нерпы видим, что в почках больше всего содержится цинка и меди, и общая ниспадающая последовательность выглядит следующим образом: $Zn \rightarrow Cu \rightarrow Pb \rightarrow Cd \rightarrow Ni$. В печени эта последовательность приобретает следующий вид: $Zn \rightarrow Cu \rightarrow Pb \rightarrow Ni \rightarrow Cd$. В печени выдры, равно как и в печени норки (Harding, 1998), накопление тяжелых металлов распределяется в последовательности $Cu \rightarrow Pb \rightarrow Cd$.

ВЫВОДЫ

1. Накопление тяжелых металлов в условиях техногенной трансформации систем в организме волка на юге Украины характеризуется для разных органов различной интенсивностью. Почка, как правило, больше накапливает цинка, свинца и никеля; печень – хрома, цинка и железа. Сердце и легкие – железа, цинка, меди; селезенка – цинка, железа, меди. В мышечной ткани наиболее интенсивно накапливаются цинк, железо и никель. Общим ингредиентом накопления в максимальных объемах для всех органов является техногенный цинк, занимающий 1-2-е место по накоплению. В печени, почках и мышечной ткани значительно накапливается наиболее опасный ингредиент загрязнения – свинец.

2. Накопление тяжелых металлов организмом волка, как правило, превышает ПДК.

3. В организме волка отмечаются зависимости между содержанием тяжелых металлов различными органами. Наиболее значимые положительные зависимости прослеживаются между почками и печенью в накоплении тяжелых металлов (Pb , Cu , Ni , Cr и Cd), между печенью, почками, селезенкой, сердцем и мышечной тканью – в накоплении свинца, а между печенью, почками, сердцем и мышечной тканью – в накоплении кадмия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Бибиков Д. И. Волк (поведение, систематика, морфология, экология). – М.: Наука, 1985.
- Блакберн А. А. Накопление и миграция микроэлементов в трофических цепях экосистем Чаткальского биосферного заповедника (Западный Тянь-Шань, Узбекистан) // Экология. – 2003. – № 1. – С. 72-76.
- Брицке М. Э. Атомно-абсорбционный спектрофотометрический анализ. – М.: Химия, 1982. – 222 с.
- ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. – Взамен ГОСТ 26929-86; Введ. 01.01.98. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 78 с.
- ГОСТ 26934-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения токсичных элементов в пищевом сырье. – Взамен ГОСТ 5370-58; Введ. 25.07.86. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 305 с.
- Домнич В. И. Лисица обыкновенная (*Vulpes vulpes* L.) как биоиндикатор загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на юго-востоке Украины / В. И. Домнич, Я. В. Ерхов // Вестник Запорож. нац. ун-та. Сер. Физико-математические и биологические науки. – 2004. – № 2. – С. 138-141.
- Ивантер Э. В. Содержание тяжелых металлов в организме ладожской нерпы / Э. В. Ивантер, Н. В. Медведев, Н. А. Панчев // Экология. – 1998. – № 2. – С. 116-120.
- Михеева Е. В. Тяжелые металлы в системе почва – растение – животное в районе естественной геохимической аномалии / Е. В. Михеева, О. А. Жигальский, В. П. Мамина // Экология. – 2003. – № 4. – С. 318-320.
- Наказ від 03.11.98 р. № 16 «Про затвердження обов'язкового мінімального переліку досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження, комбікормової сировини»

ни, комбікормів, вітамінних препаратів та іншого, які слід проводити в державних лабораторіях ветмедичини і за результатами яких видається ветсвідцтво».

Покаржевский А. Д. Геохимическая экология наземных позвоночных. – М.: Наука, 1985. – 230 с.

Gutleb A. C., Kranz A., Nechay G., Toman A. Heavy metal concentrations in livers and kidneys of the otter (*Lutra lutra*) from Central Europe // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 1998. – 60. – № 2. – P. 116-120.

Harding L. E., Harris M. L., Elliott J. E. Heavy and trace metals in wild mink (*Mustela vison*) and river otter (*Lutra canadensis*) captured on rivers receiving metals discharges // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 1998. – 61. – № 5. – P. 600-607.

Hernandes L. M., Baliuja Cr. Presence and Biomanitication of organochlorine pollutants and heavy metals in mammals of Danana National Park (Spain) 1982-1983 // Journal of environmental science and health. – 1985. – 20. – № 6. – P. 663-650.

Polle K. G., Elkin B. T., Bethke R. W. Organochlorine and heavy metal contaminants in wild mink in Western Northwest Territories, Canada // Archives of environmental contamination and toxicology. – 1998. – 34. – № 4. – P. 406-413.

Sheffild S. Mink and other mustelids as important sentinel species of environmental hazards // Euro-American Mammal Congress, Santiago de Compostella. – 1998. – P. 108.

Надійшла до редколегії 23.10.06