



УДК 577.118+599.322/324
ББК 28.6

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СООБЩЕСТВАХ МИКРОМАММАЛИЙ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

А.А. Земляной

В статье рассматривается общее содержание микроэлементов в популяциях фоновых видов микромаммалий. Проводится сравнительная характеристика количества токсикантов в популяциях различных по степени загрязнения биогеоценозов промышленного степного Приднепровья. Новые данные позволяют получить представление об объемах микроэлементов, поступающих в окружающую среду из сообщества микромаммалий.

Ключевые слова: микроэлементы, популяция, микромаммалии, сообщества, трансформация.

В настоящее время в результате расширения промышленного производства наблюдается прогрессирующее насыщение биосферы тяжелыми металлами. В результате производственной деятельности на отдельных участках суши образуются весьма значительные концентрации микро- и макроэлементов. Так, на территории Европы и Северной Америки количество тяжелых металлов, выпадающих с дождями, измеряется несколькими килограммами на 1 км² [4, с. 44]. Добыча полезных ископаемых сопровождается непрерывным высвобождением и поступлением в природную среду с включением в круговорот веществ значительных объемов тяжелых металлов в высокоактивном состоянии. По данным Л. Кораблевой и других исследователей, на Западном Донбассе (Украина) из 1 кг шахтных отвалов в природную среду может выноситься: Fe – 2,7; Mn – 0,23; Cu – 0,07; Ni – 0,11; Pb – 0,45; Cd – 0,03 мг [2, с. 10].

Помимо общего техногенного фона в природе могут формироваться и участки локального загрязнения тяжелыми металлами, местные техногенные геохимические аномалии, возникающие в результате деятельности отдельных промышленных предприятий

(тепловых электростанций, горно-обогатительных комбинатов, металлургических заводов и т. д.). Подобные аномалии возникают не только в почве, но и в растениях. Так, влияние небольшого города на содержание тяжелых металлов в растениях сказывается на расстоянии до 5 км. Живое вещество и отдельные организмы, его составляющие, поглощают из окружающей среды необходимые для жизнедеятельности химические элементы [1, с. 5; 8, с. 3].

Для анализа количества микроэлементов в природной среде, в различных ее звеньях и системах, их аккумуляции и продвижения по пищевой цепочке целесообразным является определение общего количества микроэлементов в каком-либо элементе биогеоценоза, отдельном его звене в различных по степени загрязнения экосистемах промышленного Приднепровья Украины.

Для таких исследований наиболее подходят популяции фоновых видов мелких млекопитающих [12, с. 11; 13, с. 71], являющихся важным функциональным звеном в экосистемах и характеризующихся коротким жизненным циклом. Популяции мелких млекопитающих обладают особой барьерной ролью в общем транзите химических элементов по трофическим уровням техногенно загрязненных наземных экосистем, препятствующей поступ-

лению токсических элементов к высшим звеньям [3, с. 461; 4, с. 259; 10, с. 492].

Для определения количества микроэлементов во всем сообществе микромаммалий необходимо подсчитать объем микроэлементов в одной среднестатистической особи и установить численность животных на определенной территории, например на гектаре (га).

Работа проводилась на территории Днепропетровской области Украины. Исследовались биогеоценозы, загрязненные выбросами Приднепровской тепловой электростанции (далее – ПдТЭС), а также загрязненные территории Западного Донбасса, подверженные влиянию интенсивной разработки каменного угля. В качестве контрольных систем использовались биогеоценозы Днепроовско-Орельского природного заповедника (далее – ДОПЗ). Отлов мелких млекопитающих производился стандартным методом с помощью давилок Геро. Пересчет числа животных на содержание особей на гектар осуществлялся по методике Дулькейта [9, с. 5].

Содержание микроэлементов в органах и тканях определяли с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра ААС 30 (фирмы «Карл Цейс Йена», Германия) по методике И. Хавезова, Д. Цалева [11, с. 25]. Содержание микроэлемента в тушках животного (микрограмм микроэлемента на 1 г веса тела животного) определялось как среднее арифметическое содержания данного микроэлемента во всех органах и тканях (мкг/г), без содержимого желудка и кишечника. Количество микроэлемента во всем организме животного определялось по формуле $C = C_0 \times P$, где C_0 – содержание микроэлемента в организме животного (микрограмм микроэлемента на 1 г тела животного), P – вес животного в 1 г. Средний показатель количества микроэлемента в организме всех особей является показателем для так называемой среднестатистической особи. Достоверность различий показателей определялась по критерию Стьюдента (t).

При выборе биогеоценозов в качестве загрязненных и контрольных использовались данные по количеству микроэлементов в почве и в содержимом желудка исследованных особей. В загрязненных биогеоценозах содержание химических элементов в объектах выше в срав-

нении с контрольными биогеоценозами. Так, в почве импактных биогеоценозов содержание железа увеличивается в 1,8–2,3 раза, марганца – в 1,4 раза, меди – в 7,5 раз, цинка – в 2–5,6 раза, никеля – до 16 раз, свинца – в 3–4 раза и кадмия – практически в 100 раз в сравнении с контрольными показателями.

Для анализа использовались популяции фоновых видов, которые составляют в исследованных биогеоценозах 80–90 % в сообществе мелких млекопитающих [6, с. 472; 7, с. 211]. Подсчет численности особей исследованных видов, проведенный в течение нескольких лет, показал, что средние данные составляют для лесной мыши в биогеоценозах ДОПЗ 39,1 особь/га (далее – ос./га), домовый – 1,5 ос./га. В биогеоценозах, подверженных влиянию ПдТЭС, численность лесной мыши составляет 11,1 ос./га, домовый – 52,1 ос./га. В загрязненных биогеоценозах Западного Донбасса численность лесной мыши составляет 45,8 ос./га, домовый мыши – 19,2 ос./га.

Были определены показатели количества микроэлементов в организме одной особи в каждом из исследованных биогеоценозов (см. таблицу). Полученные данные позволяют говорить о количестве микроэлементов, поступающем в окружающую среду и переходящем на новый биогеоценотический уровень при разложении животного, то есть при минерализации животного опада или при попадании в организм хищников и переходе на другой трофический уровень. Сравнительный анализ свидетельствует о преобладании показателей количества микроэлементов в организме лесной мыши над аналогичными показателями домовый, в отдельных случаях отмечается превышение данных в 8 и более раз. Это характерно для всех исследованных биогеоценозов и связано не только с большим содержанием того или иного микроэлемента в органах и тканях лесных мышей, но и с их более значительными размерами в сравнении с домовыми. Это свидетельствует о том, что именно лесная мышь играет более весомую роль в биогенной миграции микроэлементов в природных и трансформированных биогеоценозах.

Превышение показателей количества микроэлементов у животных из загрязненных биогеоценозов подтверждает факт негативно-го влияния техногенного пресса на данные

экосистемы и накопления токсических продуктов в их элементах. Так, в организмах лесных мышей из загрязненных биогеоценозов Западного Донбасса наблюдается увеличение показателей содержания железа, марганца и цинка в 1,2–1,5 раза в сравнении с аналогичными показателями мышей из контрольных биогеоценозов, тогда как количество токсикантов возрастает для кадмия в 6,5 и свинца в 24,5 раза соответственно. В организмах домовых мышей из биогеоценозов Западного Донбасса количество железа, марганца, цинка увеличено в 1,3–1,8 раз, меди и никеля – в 4,4 и 8,7 раза соответственно (по сравнению с условно-чистыми биотопами).

Зная количество животных на 1 га данного биогеоценоза, а также количество микроэлементов в одной среднестатистической особи (см. таблицу), возможно рассчитать количество микроэлементов в популяции лесной и домовой мышей в каждом исследованном биогеоценозе, обитающих на территории 1 га (см. рисунок).

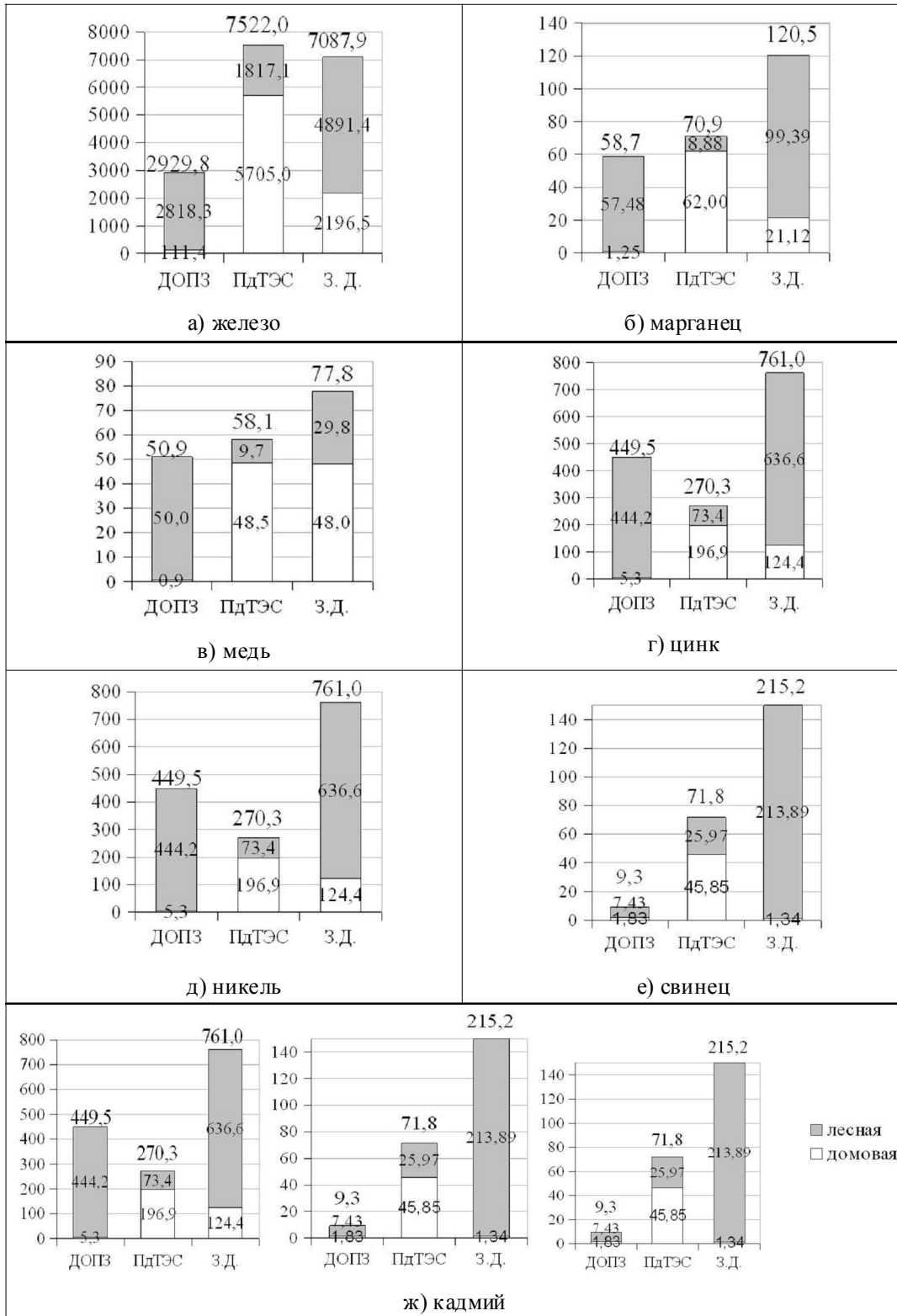
Количество элементов, содержащееся в популяции домовой и лесной мышей, в исследованных биогеоценозах также определяется, как это было указано выше, двумя факторами. Первый фактор – содержание данного элемента в организме одной среднестатистической особи, второй – количество особей данного вида в исследованном биогеоценозе. В результате происходит взаимодействие данных факторов, их компенсация или суммарное наложение и взаимодополнение, что отражено в представленных значениях. Полученные данные характеризуют объемы химических элементов, пребывающих в популяции одного из исследованных нами видов. В дальнейшем данное количество

микроэлементов или переходит на другой трофический уровень, или, в своем подавляющем большинстве, поступает в грунт после разложения животных. Причем речь идет о ежегодном поступлении в почву данного конкретного элемента на площади в один гектар. Объемы эти весьма разнообразны и зависят как от вида животного, так и от исследованного биогеоценоза, вида и степени его трансформации. Так, в загрязненных биогеоценозах ПдТЭС из популяции домовой мыши в окружающую среду поступает ежегодно до 6 гр железа на гектар, а в загрязненных биогеоценозах Западного Донбасса из популяции лесной мыши поступает до 100 миллиграмм такого опасного токсиканта, как кадмий. В целом для лесной мыши характерны максимальные показатели в популяциях из загрязненных биогеоценозов Западного Донбасса, где происходит увеличение количества железа, марганца и цинка в 1,4–1,7 раза в сравнении с показателями популяции ДОПЗ. Количество кадмия и свинца увеличивается в 7,6 и 28,8 раза. В популяции домовой мыши количество микроэлементов максимально в импактных биогеоценозах ПдТЭС, где показатели содержания увеличиваются в 25–50 раз, что связано не столько со значительной концентрацией микроэлементов в органах и тканях животных, но и с большей численностью животных в данном биогеоценозе.

Зная содержание микроэлементов в популяциях фоновых видов микромаммалий (лесной и домовой мыши), можно рассчитать их содержание в сообществе мелких млекопитающих в целом в различных по степени загрязнения экосистемах промышленного Приднепровского региона (см. рисунок).

Количество микроэлементов в организме одной среднестатистической особи фоновых видов, мг

Микроэлементы	Лесная мышь			Домовая мышь		
	ДОПЗ	ПдТЭС	Западный Донбасс	ДОПЗ	ПдТЭС	Западный Донбасс
Fe	72,1±17,8	163,7±40,3	106,8±36,4	74,3±13,7	109,5±31,4	114,4±23,6
Mn	1,5±1,0	0,8±0,2	2,2±0,4	0,8±0,3	1,2±0,6	1,1±0,4
Cu	1,3±0,6	2,9±1,3	0,6±0,3	0,6±0,3	0,9±0,2	2,6±0,4
Zn	11,4±3,2	6,6±2,7	13,9±4,4	3,6±0,6	3,8±1,4	6,5±2,7
Ni	17,4±5,9	3,2±1,7	7,8±4,7	2,0±1,0	2,3±0,8	17,7±6,5
Pb	0,2±0,1	2,3±0,1	4,7±1,1	1,2±0,5	0,9±0,1	0,1±0,1
Cd	0,3±0,1	0,3±0,1	2,1±1,3	0,2±0,1	0,2±0,1	0,1±0,1



Содержание микроэлементов в популяциях мелких млекопитающих из различных по степени трансформации мест обитания, мг *

* На рисунке использованы следующие сокращения: ДОПЗ – биогеоценозы Днепроовско-Орельского природного заповедника; ПдТЭС – биогеоценозы, загрязненные Приднепровской тепловой электростанцией; З.Д. – трансформированные биогеоценозы Западного Донбасса.

Сообщество мелких млекопитающих из ДОПЗ характеризуется минимальным количеством токсичных металлов, что является нормальным для естественных условий обитания, в биогеоценозах ПдТЭС количество токсичных элементов Рb и Cd практически сравнивается по содержанию с уровнем некоторых биогенных элементов (Mn и Cu). В биогеоценозах Западного Донбасса количество токсикантов еще более значительно и содержание Рb почти в 2 раза выше количества Mn и Cu.

На основании проведенных исследований можно говорить о том, что в загрязненных экосистемах в популяциях мелких млекопитающих происходит перераспределение общего содержания микроэлементов в пользу токсических, что является довольно опасным для нормального существования сообщества. Поскольку мелкие млекопитающие характеризуются коротким жизненным циклом, как правило не превышающим года, зная количество микроэлементов в их сообществе на какой-либо конкретной территории (в нашем случае – гектар), можно сделать выводы о количестве микроэлементов, которые вносятся в грунт после смерти и распада животных или переходят на новый трофический уровень. Так, в сильно трансформированных биогеоценозах Западного Донбасса транзит через популяции мелких млекопитающих составляет: Fe – 7,1 г/год на гектар, Mn – 120 мг/год на гектар, Cu – 78 мг/год на гектар, Zn – 0,8 г/год на гектар, Ni – 0,7 г/год на гектар, Рb – 0,2 г/год на гектар, Cd – 100 мг/год на гектар. Приведенные цифры наглядно показывают объемы микроэлементов, ежегодно поступающих в биогеоценоз из сообщества мелких млекопитающих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авцын, А. П. Микроэлементозы человека / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, М. А. Риш – М. : Медицина, 1991. – 496 с.
2. Антропогенные проблемы экологии / А. И. Кораблева [и др.] – Д. : Проминь. – 1997. – 142 с.
3. Безель, В. С. Биогенные циклы химических элементов: роль мелких млекопитающих / В. С. Безель, С. В. Мухачева // Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах. IV Міжнарод. наук. конф. – Д. : Вид-во ДНУ. – 2007. – С. 461–463.
4. Безель, В. С. Химическое загрязнение среды: вынос химических элементов надземной фитомассой травянистой растительности / В. С. Безель, Т. В. Жуйкова // Экологія. – 2007. – № 4. – С. 259–267.
5. Добровольский, В. В. Некоторые аспекты загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами / В. В. Добровольский // Биологическая роль микроэлементов. – М. : Наука, 1983. – С. 44–55.
6. Земляной, А. А. Биоразнообразие мелких млекопитающих естественных и трансформированных экосистем степного Приднепровья / А. А. Земляной // Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних системах. III Міжнарод. наук. конф. – Д. : Вид-во ДНУ, 2005. – С. 472–474.
7. Земляной, А. А. Влияние степени трансформации экосистемы на разнообразие мелких млекопитающих / А. А. Земляной // Вісник ДНУ. Вип. «Біологія. Екологія». – 2004. – Т. 1. – С. 211–217.
8. Коломийцева, М. Г. Микроэлементы в медицине / М. Г. Коломийцева, Р. Д. Габович – М. : Медицина, 1970. – 286 с.
9. Методические указания по количественному учету позвоночных животных на производственной практике / В. Л. Булахов, А. А. Губкин, О. М. Мясоедова. – Д. : Вид-во ДНУ – 1986. – 52 с.
10. Мухачева, С. В. Химическое загрязнение среды: тяжелые металлы в пище мелких млекопитающих / С. В. Мухачева, В. С. Безель // Зоологический журнал. – 2007. – Т. 86, № 4. – С. 492–498.
11. Хавезов, И. Атомно-абсорбционный анализ / И. Хавезов, Д. Цалев – Л. : Химия, 1983. – 144 с.
12. Kovalchuk, L. A. The effect of environmental pollution with microelements on natural small mammal populations in the Urals / L. A. Kovalchuk // Микроэлементы в медицине: IV Международный симпозиум. – 2010. – Т. 11, вып. 2 – С. 11.
13. Further investigation of the heavy metal content of the teeth of the bank vole as an exposure indicator of environmental pollution in Poland / J. Gdula-Argasinska [et al.] // Environmental pollution. – 2004. – Vol. 131, iss. 1. – P. 71–79.

**QUANTIFICATION OF HEAVY METALS IN MICROMAMMALS
COMMUNITIES OF TRANSFORMED ECOSYSTEMS**

A.A. Zemlyanoy

In the article total content of microelements is examined in the populations of background species of micromammals. Comparative description of toxicants accumulation was undertaken in populations of biogeocenoses in industrial steppe Pridneprovya different by their contamination level. The obtained data allow to estimate the quantity of microelements entering environment from the associations of micromammals.

Key words: *microelements, population, micromammals, associations, transformations.*