УДК 592:615

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОЧВЕННЫМИ БЕСПОЗВОНОЧНЫМИ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ МАРГАНЦЕВОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Ю.Л. Кульбачко, В.Я. Гассо

Днепропетровский национальный университет

В работе рассматривается накопление тяжелых металлов представителями почвенных беспозвоночных различных функциональных групп в зоне действия марганцевой обогатительной фабрики. Рассчитан индекс биологического накопления тяжелых металлов для представителей сапрофагов. Исследовано содержание микроэлементов в подстилке.

Тяжелые металлы, безпозвоночные, марганцевая обоготительная фабрика

ВВЕДЕНИЕ

Комплексы антропотехногенных факторов, которые влияют на состояние экосистем, довольно разнообразны – это загрязнение окружающей среды выбросами промышленного производства, автотранспорта, выведение из природопользования плодородных земель отходами горнодобывающей промышленности и многие другие. Антропогенные стрессоры возникают с такой скоростью, что биологические системы не успевают адаптироваться к ним [4], вместе с тем их биологические характеристики изменяются под воздействием всех факторов [1, 7]. К одним из наиболее токсичных веществ, которые попадают в биосферу в результаты производственной деятельности человека можно отнести тяжелые металлы. В малых количествах они находятся в каждом организме, но значительное увеличение их концентрации может привести к гибели животных.

Тяжелые металлы, накапливаясь в почве и подстилке, растениях и животных, попадают и в организм человека, вызывая отравления и болезни [3].

Роль животных в биогенной миграции веществ в наземных экосистемах изучена недостаточно. Деятельность животных в биогеоценозах можно рассматривать как фактор, регулирующий этот биогенный круговорот [6].

Блоку почвенно-подстилочных беспозвоночных свойственна ранняя реакция на загрязнение среды их обитания тяжелыми металлами. Известно, что

представители мезофауны выступают активными их накопителями [8]. Особый интерес вызывает миграция микроэлементов по трофическим цепям этих животных и других консументов, как для определения их устойчивости к токсикантам, так и выявления нагрузок на экосистему в целом [5]. Так, у насекомых – представителей мезофауны, концентрация тяжелых металлов в пище один из основных факторов, который определяет их содержание в теле животного. Поглощение токсических микроэлементов у них в большинстве случаев происходит через кишечник. Впоследствии наблюдается их перераспределение по всем участкам тела.

Большинство исследований по накоплению тяжелых металлов почвенно-подстилочными позвоночными проводится вблизи заводов или автомагистралей. Мало работ посвящено влиянию загрязнения окружающей среды горнодобывающей промышленностью. В то же время ее потенциальное влияние на человека трудно переоценить. Так, в городе Донецк терриконы, состоящие из отходов угледобывающей промышленности, расположены в черте города. На горно-обогатительной фабрике г. Марганец марганцевая руда хранится открытым способом. Вследствие ветровой эрозии происходит загрязнение природных экосистем тяжелыми металлами, которые в продукции горнодобывающей промышленности могут накапливаться в довольно больших количествах. Наша работа посвящена особенностям накопление тяжелых металлов представителями различных трофических групп почвенной мезофауны в зоне выбросов марганцевой горно-обогатительной фабрики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы для проведения исследований собирались на основании использования стандартных почвенно-зоологических методик. Для сбора представителей мезофауны использовались ловушки Барбера, которые выставлялись в линию в количестве 50 штук на расстоянии 5 м друг от друга. Использование ловушек Барбера позволяет отобрать только подвижные формы представителей почвенной мезофауны. Поэтому такие малоподвижные формы как дождевые черви и некоторые другие в сборах отсутствуют. Вместе с тем, ловушки Барбера позволяют зафиксировать подвижные формы представителей мезофауны, которые активны в ночное время, а в почвенных прикопках встречаются редко. Содержание тяжелых металлов у беспозвоночных

животных проводилось с использованием метода атомно-абсорбционной спектрофотометрии на спектрофотометре AAS–30 по стандартной методике [9]. Результаты анализов рассчитывались по формуле: C=CoV/P, где Co – содержание элемента в исследуемом растворе; V – объем раствора, мл; P – масса навески, г.

Для атомно-абсорбционного анализа было подготовлено свыше 80 проб. В пробах анализировалась содержание таких элементов, как Fe, Mn, Cu, Pb, Cd, Ni, которые являются приоритетными загрязнителями для нашего региона.

Кроме этого исследовалось содержание тяжелых металлов в верхнем почвенном горизонте – подстилке.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наши исследования проводились в непосредственной близости от места открытого складирования марганцевой руды на территории Грушевской горно-обогатительной фабрики г. Марганец.

Все жизненно-важные процессы в популяциях животных верхнего почвенного горизонта протекают на фоне изменений химического состава их среды обитания. Интенсивность ветровой эрозии и выбросов в атмосферу продуктов марганцевой горно-обогатительной фабрики накладывают свой отпечаток и на таксономический состав представителей почвенной мезофауны.

Макро- и микроэлементы попадают в организм животных и биоаккумулируются в них в процессе питания. Поэтому несомненный интерес представляет особенности накопления тяжелых металлов у беспозвоночных не только на таксономическом, но и на трофическом уровне.

Структурно-функциональный состав представителей почвенной мезофауны разнообразен и включает в себя представителей зоофагов, фитофагов и сапрофагов. Представителям каждой трофической группы присущ специфический способ питания.

Беспозвоночные, обитающие в верхнем почвенном горизонте – подстилке, тесно связаны с одной стороны с растениями, которые как и животные накапливают тяжелые металлы и являются объектом питания представителей фитофагов. С другой стороны, они связаны с подстилкой, которая выполняет барьерные функции на пути поступления токсикантов в

почву, являясь при этом не только средой обитания исследуемой группы животных, но и объектом деструктивного воздействия представителей сапрофагов.

За время проведения исследований нами были зарегистрированы представители *Diplopoda, Chilopoda, Aranea, Insecta,* в организме которых и определялось содержание тяжелых металлов.

Если представители *Diplopoda* в трофическом отношении типичные сапрофаги, *Chilopoda, Aranea* – зоофаги, то среди насекомых, присутствуют представители как фитофагов, так и зоофагов.

Представители каждой функциональной группы накапливают тяжелые металлы в различных количествах (табл.). Естественно, что наиболее высокое

Таблица – Накопление тяжелых металлов представителями почвенных беспозвоночных различных функциональных групп в условиях загрязнения окружающей среды выбросами марганцевой обогатительной фабрики (мг/кг сухой массы)

Функциональные группы	Fe		Mn		Cu		Zn		Ni		Pb		Cd	
	x	S_x	x	S_x	x	S_x	x	S_x	x	S_x	x	S_x	x	S_x
Фитофаги	22758,4	3641,3	6654,4	1264,3	492,3	59,0	1816,6	59,0	3366,2	605,9	147,3	17,6	6,5	1,2
Зоофаги	17516,2	2852,9	15370,5	2151,8	523,6	73,3	2058	62,4	2085,4	396,2	165,8	26,5	1,7	0,18
Сапрофаги	18884,4	3210,3	11648,2	1863,7	571,9	62,9	2104,1	30,9	560,6	95,3	89,5	16,1	9,1	1,1
Подстилка	724,4	120,0	698,1	210,5	32,9	5,6	167,4	19,2	109,6	10,0	7,4	1,8	23,5	5,4

содержание у представителей всех функциональных групп микроэлементов биогенного происхождения, таких как Fe, Mn, Cu, Zn, Ni. Такие высокотоксичные элементы как Cd, Pb накапливаются у беспозвоночных животных в значительно меньшем количестве.

Железо. В наибольшем количестве накапливают представители фитофагов, что составляет 38,4 % от общего содержания этого микроэлемента у представителей всех трофических групп. Представители сапрофагов накапливают 31,9 %, а зоофагов соответственно 29,6 % (табл.).

Марганец. Вместе с железом, по сравнению с другими биогенными микроэлементами, накапливается беспозвоночными в наибольших количествах.

В свою очередь, среди представителей функциональных групп наибольшая доля марганца (45,6 %) приходится на представителей зоофагов, а наименьшее (19,7 %) – на фитофагов. Это в 2 раза ниже, чем накопление представителями этой же трофической группы железа. Сапрофаги накапливают до 34,5 % марганца от общего его количества, накапливающегося в почвенной мезофауне.

Медь. Значительных различий в накоплении меди представителями всех трофических групп не зарегистрировано. На каждую из трех трофических групп почвенных беспозвоночных приходится по 32,9–36,1 % этого элемента от его содержания в исследуемых группах почвенных беспозвоночных.

Цинк. Если доля в накоплении цинка у представителей зоофагов и сапрофагов составляет 34,4–35,1 %, то фитофаги по сравнению с ними накапливают его в 1,14–1,16 раз меньше.

Никель. Как и железо среди представителей всех трофических групп беспозвоночных в наибольшем количестве никель накапливается представителями фитофагов – 55,9 % от его содержания во всех трофических группах. Необходимо отметить, что представители сапрофагов накапливают никель в 6 раз меньше по сравнению с фитофагами и в 3,7 раз меньше по сравнению с зоофагами.

Одним из токсичных элементов, который оказывает наиболее негативное влияние на жизнедеятельность представителей мезофауны, является *свинец*. Этот элемент в наибольшем количестве аккумулируется

представителями зоофагов – в 1,14 раз больше по сравнению с фитофагами и, в свою очередь, в 1,19 раз больше по сравнению с сапрофагами.

Кадмий в наибольшем количестве аккумулируется представителями сапрофагов – 54,5 % от общего содержания в мезофауне почвы, а в наименьшей – зоофагов 6,9 %.

Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов у представителей различных функциональных групп беспозвоночных показывает, то кадмий, по сравнению со всеми микроэлементами, накапливается животными в наименьшем количестве (1,1–9,1 мг/кг сухой массы). В то время как содержание железа в организме беспозвоночных находятся на уровне 18884,4–22758,6 мг/кг, а марганца 6654,2–15370,5 мг/кг.

В порядке уменьшения содержания отдельно взятого микроэлемента у представителей различных трофических групп все металлы можно расположить в следующей последовательности:

Fe: Ф > С > З; *Ni:* Ф > З > С; *Mn:* З > С > Ф;

Pb: З > Ф > С; *Cu:* С > З > Ф; *Cd:* С > Ф > З; *Zn:* С > З > Ф,

где Ф – фитофаги, З – зоофаги, С – сапрофаги.

Использование данных по накоплению тяжелых металлов в подстилке позволило нам рассчитать индекс биологического накопления (фактор биоаккумуляции) тяжелых металлов представителями функциональных групп беспозвоночных. Он рассчитывается как соотношение содержания тяжелых металлов в объектах исследования (беспозвоночных) к содержанию их в среде обитания или объектах питания. Учитывая то, что подстилка является не только средой обитания, но и объектом питания представителей сапрофагов, индекс биологического накопления рассчитывался нами для представителей именно этой трофической группы и оказался следующим:

Fe – 26,1; *Mn* – 17,2; *Cu* – 17,9; *Zn* – 12,1,

Ni – 4,2; *Pb* – 12,1; *Cd* – 0,4;

Как видно из полученных результатов, на фоне высокого содержания у представителей сапрофагов железа и марганца, наиболее высокий индекс биологического накопления наблюдается для таких микроэлементов как медь, марганец и железо. Несмотря на то, что представители сапрофагов по сравнению с зоофагами и фитофагами в наибольшем количестве аккумулируют кадмий, индекс его биологического накопления для

представителей этой трофической группы остается, тем не менее, наиболее низким среди всех изученных микроэлементов. В то же время индекс биоаккумуляции свинца оказался у организмов этой трофической группы довольно высоким.

Полученные данные свидетельствуют о потенциальной опасности беспозвоночных в зоне исследования для последующих звеньев пищевых цепей с возможным эффектом биомагнификации. Так, например, в спектре питания фонового вида пресмыкающихся степного Приднепровья прыткой ящерицы (*Lacerta agilis Linnaeus,* 1758) преобладают наземно-подстилочные представители *Insecta* – больше 200 видов. Они составляют больше 91 % массы пищевого комка в желудке ящерицы. С учетом всех возможных представителей функциональных групп (*Insecta, Diplopoda, Chilopoda, Aranea)* содержимое желудков прыткой ящерицы в условиях центрально-степного Приднепровья определяется этими группами больше, чем на 99 % [2].

В связи с вышеперечисленным, значимость этих групп беспозвоночных в миграции тяжелых металлов по пищевым цепям, включая позвоночных животных, трудно переоценить. В перспективе необходимо продолжить мониторинговые исследования миграции тяжелых металлов в биогеоценозах, включая трофические сети. А также выявить основные факторы, определяющие процессы биоаккумуляции и биомагнификации. Полученные данные могут быть использованы для биоиндикационных и мониторинговых исследований загрязнений окружающей среды как в регионе, так и за его пределами.

ВЫВОДЫ

1. Аккумуляция тяжелых металлов представителями различных трофических групп почвенных беспозвоночных осуществляется не однозначно.
2. В условиях загрязнения окружающей среды выбросами марганцевой горно-обогатительной фабрики представители всех исследованных трофических групп в наибольших количествах накапливают железо и марганец. Кадмий представителями почвенной мезофауны в данных условиях накапливается в наименьших количествах.

3. Аккумуляция же другого высокотоксичного элемента – свинца – представителями сапро-, зоо-, и фитофагов оказалась в десятки раз выше, чем кадмия.
4. Высокая концентрация тяжелых металлов в организме беспозвоночных животных представляет потенциальную опасность для их консументов. В частности для ящериц, а возможно для земноводных и насекомоядных птиц.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Барсов В.А., Пилипенко А.Ф., Жуков А.В., Кульбачко Ю.Л. Сезонные, годовые и вызванные антропогенными факторами изменения структуры популяций почвенных и наземных беспозвоночных животных в некоторых биогеоценозах центрального степного Приднепровья // Вестник Днепропетровского университета. – Днепропетровск: ДГУ, 1996. – Вып. 2. – С. 177–184.*
2. *Булахов В.Л., Гассо В.Я., Пахомов О.Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Земноводні та плазуни (Amphibia et Reptilia). – Д.: Вид-во ДНУ, 2007. – 420 с.*
3. *Бутовский Р.О. Тяжелые металлы и энтомофауна // Агрохимия. – 1984. – № 5. – С. 14–18.*
4. *Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометиздат, 1984. – 551 с.*
5. *Козлов М.В. Влияние антропогенных факторов на популяции наземных насекомых // Итоги науки и техники: ВИНИТИ. Энтомология. – 1990. – Т.13. – 166 с.*
6. *Криволуцкий Д.А., Покаржевский А.Д., Михольцева З.А. Роль наземных и почвенных беспозвоночных в биогенной миграции зольных элементов и ее особенности в Подмосковье // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. – М.: Наука, 1982. – С. 82–92.*
7. *Мотыль М.Н Влияние промышленного загрязнения на структуру напочвенного покрова лесных фитоценозов // Актуальные проблемы охраны и рационального использования природных ресурсов. – Уфа: Башкнигоиздат, 1987. – С. 78.*
8. *Покаржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных. – М.: Наука, 1985. – 300 с.*

9. *Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Л.: Химия, 1983. – 144с.*

ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY SOIL INVERTEBRATES OF DIFFERENT FUNCTIONAL GROUPS IN A ZONE OF MANGANESE CONCENTRATING MILL'S INFLUENCE

Kulbachko Yu.L., Gasso V.Y.

The paper is devoted to the heavy metals accumulation in soil invertebrates under influence of heavy metals pollution, manganese above all. Heavy metals levels in representatives of different invertebrates functional groups and in the litter were analised. Factor of Bioaccumulation of the heavy metals for saprophages is calculated.

УДК 592:615

Кульбачко Ю.Л., Гассо В.Я. Накопичення важких металів ґрунтовими безхребетними різних функціональних груп у зоні дії марганцевої збагачувальної фабрики // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – Вип. 13, № 2. – С. 121–130.

В роботі розглядається накопичення заліза, марганцю, міді, цинку, нікелю, свинцю та кадмію представниками трофічних груп (фітофаги, зоофаги, сапрофаги) ґрунтових безхребетних. Розраховано індекс біологічного накопичення важких металів для представників трофічних груп. Досліджено вміст мікроелементів у верхньому шарі ґрунту – підстилці.

Бібл. 9. Табл. 1.