

УДК 591.55 (477.6)

ВЫВЕДЕНИЕ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ НАЗЕМНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ

Кульбачко Ю. Л., Дидур О. А., Пахомов А. Е.

Выведение и перераспределение микроэлементов в органах наземных брюхоногих моллюсков. — Ю. Л. Кульбачко, О. А. Дидур, А. Е. Пахомов. — Рассмотрены особенности перераспределения биогенных микроэлементов в различных органах наземного брюхоножного моллюска *Bradybaena fruticum* (Mull.), обитающего в искусственных робиниевых насаждениях урбанизированных территорий Степного Приднпровья. Установлено содержание микроэлементов в экскрементах, ноге и печени моллюска и характер их распределения в органах во времени. Результаты исследования свидетельствуют о более активном перераспределении микроэлементов в печени как одном из наиболее жизненно важных органов моллюска.

Ключевые слова: микроэлементы, наземные брюхоногие моллюски, подстилка.

Адрес: Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, пр. Гагарина, 72, Днепропетровск, 49010; e-mail: didur@ua.fm, a.pakhomov@i.ua

Виведення та перерозподіл мікроелементів в органах наземних червононогих молюсків. — Ю. Л. Кульбачко, О. О. Дідур, О. Є. Пахомов. — Розглянуто особливості перерозподілу біогенних мікроелементів у нозі та печінці наземного червононогого молюска *Bradybaena fruticum* (Mull.) з штучних робінієвих насаджень урбанізованих територій Степового Придніпров'я. Визначено вміст мікроелементів у цих органах даного виду молюска та з'ясовано характер їх перерозподілу в органах у часі. Результати дослідження свідчать про найактивнішу участь у перерозподілі мікроелементів печінки як одного з життєво важливих органів молюска.

Ключові слова: мікроелементи, наземні червононогі молюски, лісова підстилка.

Адреса: Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара, пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010; e-mail: didur@ua.fm, a.pakhomov@i.ua

Leading out and redistribution of microelements in organs of terrestrial Gastropoda. — Y. Kul'bachko, O. Didur, A. Pakhomov. — Conducted researches allow making conclusion about features of redistribution of biogenic microelements in a foot and liver of *Bradybaena fruticum* (Mull.) which dwells in artificial planting from *Robinia pseudoacacia* L. in territories of anthropo-technogen influence in Steppe Pridneprovye. Features of microelements leading out from different organs (foot and liver) of molluscs are shown. The maintenance of microelements in a foot and liver of molluscs differs from each other that related to the functional value of investigational organs. Presented researches confirmed more active participation of liver as one of important vital organ in the process of microelements redistribution into mollusc body.

Keywords: microelements, terrestrial Gastropoda, contamination, leaf litter.

Address: Dnipropetrovsk National University after named Oles' Honchar, Gagarin av., 72, Dnipropetrovsk, 49010; e-mail: didur@ua.fm, a.pakhomov@i.ua

Введение

Проблема исследования последствий антропо-техногенного воздействия на среду обитания живых организмов и, в частности, на представителей почвенной биоты, в последнее время становится все более актуальной. Это связано с тем, что сейчас во многих промышленных регионах окружающая среда становится химически все более "агрессивной".

Комплекс антропогенных факторов, влияющих как на состояние экосистем, так и на представителей биоты их населяющих, исключительно разнообразен. Это и загрязнение природной среды различными веществами, механическое воздействие на почвенный покров, изъятие не возобновляемых природных ресурсов [6, 7, 9, 10].

Среди токсических веществ, попадающих в больших количествах в окружающую среду, тяжелые ме-

таллы являются наиболее опасными загрязнителями. Их токсичное действие во многом зависит от свойств и особенностей поведения конкретного металла, а также среды, в которую он попадает. Однако в природе ионы металлов редко встречаются изолированно друг от друга. Поэтому разнообразные сочетания и концентрации разных металлов в среде приводят к изменениям свойств отдельных элементов в результате их синергического или антагонистического воздействия на живые организмы.

Исследователями было показано, что тяжелые металлы при их комбинированном действии на живые объекты проявляют иную токсичность, чем индивидуальное воздействие этих же металлов. Это обусловлено синергизмом при совместном влиянии химических элементов [1, 8, 11]. Однако существую-

ют наборы металлов, действие которых проявляется аддитивно, то есть независимо друг от друга [5].

Влияние тяжелых металлов на отдельные организмы и популяции животных в целом обусловлено тремя процессами: биологической доступностью металлов, их способностью аккумулироваться в тканях и органах животных и скоростью выведения тяжелых металлов из организма [12]. Для подавляющего большинства живых организмов накопление тяжелых металлов осуществляется по трофическим цепям. Основная масса исследований посвящена накоплению и выведению тяжелых металлов позвоночными животными. Для наземных беспозвоночных животных сведения о подобных исследованиях имеет отрывочный характер. При этом исследования зачастую не дают ответа на вопрос, каковы пути их перераспределения и выведения у животных. Опыты, проводимые с колорадским жуком, показали – максимальная концентрация тяжелых металлов отмечается в личиночных экзuviaх, что косвенно подтверждает выводы о преимущественной локализации металлов в кутикуле и эпидермисе насекомых [2, 4]. Эти данные указывают на существование у личинок жуков механизма регуляции содержания тяжелых металлов в организме, путей их отложения в сбрасываемых личиночных покровах.

Возможно, что избыточное количество металлов, поступающих с пищей, выводится из организма беспозвоночных с экскрементами, как например, у ногохвосток и кивсяков [3]. Сведения об особенностях накопления и выведения тяжелых металлов как из организма в целом, так и из отдельных органов наземных брюхоногих моллюсков (*Gastropoda*) практически отсутствуют. Отсутствие подобных данных послужило поводом к проведению наших исследований.

Материал и методы исследований

Исследования проводилось в искусственном белоакациевом насаждении, расположенном в промышленной зоне г. Днепропетровска (Днепропетровская обл.). Выбор для исследования наземных брюхоногих моллюсков определялся особенностями их анатомо-морфологических характеристик, средой обитания. Накапливая тяжелые металлы, моллюски дают представление о реальном уровне загрязнения конкретного биотопа.

Недостаточное число публикаций, посвященных особенностям накопления и выведения тяжелых металлов из различных органов наземных брюхоногих моллюсков, может быть связано, по-видимому, с трудностью отделения различных органов. Размеры большинства представителей этих беспозвоночных, связанных с почвой и подстилкой, малы.

Нами были проведены лабораторные исследования, посвященные особенностям выведения микроэлементов с экскрементами, а также характера их перераспределения в ноге и печени наземного брюхоножного моллюска *Bradybaena fruticum*.

Животные содержались в изолированном сосуде и не получали пищу. Содержание микроэлементов в органах моллюска определялось на 1-е, 3-е, 4-е, 7-е и 8-е сутки. Достаточно крупные размеры данного вида позволяют отобрать необходимую навеску для анализа. Микроэлементный состав отдельных органов моллюска определялся на атомно-абсорбционном спектрофотометре. При этом рассматривались такие микроэлементы как Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, которые являются не только жизненно важными элементами для существования животных, но и приоритетными загрязнителями региона исследования.

Результаты и их обсуждение

Динамика перераспределения биогенных микроэлементов за различный промежуток времени в печени моллюска *B. fruticum* представлена на рис. 1. Наблюдается достаточно заметное варьирование содержания микроэлементов в печени моллюска с течением времени. Например, масса железа в печени с 1-х до 7-х суток закономерно уменьшается почти в 6 раз, а затем на 8-е сутки увеличивается вдвое.

Содержание цинка в печени *B. fruticum* с 1-е по 4-е сутки варьирует слабо, увеличиваясь на 7–8-е сутки более чем в два раза.

Из всех изученных биогенных микроэлементов медь и никель наблюдаются в малых количествах. Содержание меди в печени исследованного животного на 4-е сутки снижается в два раза, не изменяясь после этого до 8-х суток. Варьирование никеля низкое и с 1-х по 8-е сутки его содержание относительно стабильное.

Изменение содержания марганца в печени моллюска имеет свои специфические черты: наблюдается практически стабильное чередование уменьшения и увеличения содержания этого микроэлемента с 1-х по 8-е сутки эксперимента. Изменение его прироста (Δ) во времени хорошо описывается полиномом третьей степени (рис. 2). (В уравнении: x – сутки, y – прирост содержания химического элемента за соседние промежутки времени.) Такое поведение указывает на возможно важное значение марганца в жизненных процессах моллюска.

Перераспределение биогенных микроэлементов (Mn, Ni, Cu, Zn) за различный промежуток времени в ноге *B. fruticum* изображено на рис. 3. Наибольшее содержание из биогенных микроэлементов в ноге моллюска в 1–3-и сутки приходится на железо (1496 и 284 мг/кг соответственно). Затем его количество становится эквивалентно порядку содержания других металлов, оставаясь практически стабильным в течение остального времени.

Для цинка характерно уменьшение его массы с 1-х по 7-е сутки более чем в 5 раз. Количество цинка на 7-е и 8-е сутки мало отличается друг от друга.

Содержание меди в ноге *B. fruticum* с 1-х по 3-и сутки уменьшается, на 4-е увеличивается, а с 4-х по 8-е сутки стабилизируется на практически одном уровне.

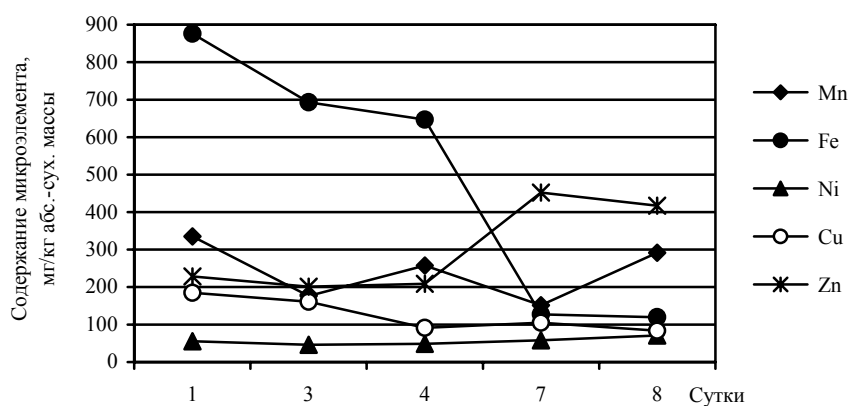


Рис. 1. Динамика распределения биогенных элементов в печени *Bradybaena fruticum* (Gastropoda)

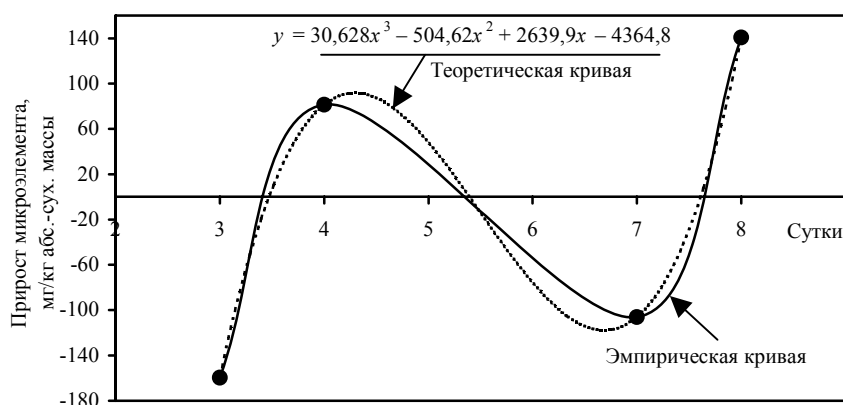


Рис. 2. Динамика перераспределения марганца в печени *Bradybaena fruticum* (Gastropoda)

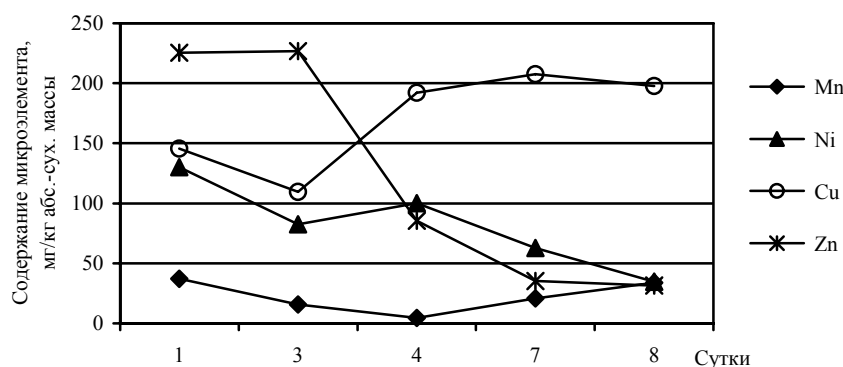


Рис. 3. Динамика распределения биогенных элементов в ноге *Bradybaena fruticum* (Gastropoda)

Количество никеля в ноге моллюска постепенно уменьшается с 1-е по 8-е сутки в 5 раз.

Масса марганца с 1-х по 4-е сутки уменьшается почти в 4 раза, а с 4-х по 8-е сутки наблюдается ее увеличение.

Баланс микроэлементов в организмах поддерживается несколькими естественными процессами: поступлением микроэлементов с пищей и выведением их из организма животных. Особенности анатомо-морфологического строения брюхоногих моллюсков отличают их от большинства представителей беспозвоночных животных почвенно-подстилочного комплекса. У последних, наряду с экскреторной деятельностью, избыток микроэлементов может выво-

диться из организма со сменой внешних покровов, например, с линькой у насекомых, многоножек и т. д. Это позволяет рассматривать экскреторную деятельность моллюсков как важный путь детоксикации их организма в условиях антропо-техногенной нагрузки и как один из аспектов геохимического участия этих животных в круговороте веществ.

Сравнительная характеристика содержания химических элементов в экскрементах и различных органах наземного брюхоногого моллюска *B. fruticum* в течение первых суток приведена в таблице.

Отметим, что медь, цинк и кадмий выводятся с экскрециями в меньших количествах по сравнению с этими же элементами в печени и ноге, в то время

как свинец выводится более интенсивно. Содержание свинца в экскрементах моллюска в 1,6 и 2,4 раза больше, чем в печени и ноге соответственно, в то время как содержание кадмия в экскрементах и

органах животного практически мало изменяется. Количество никеля и железа в экскрементах в 1,8 и 2,2 раза больше, чем в печени моллюска.

Таблица. Содержание микроэлементов у представителя *Bradybaena fruticum*, мг/кг абс.-сух. массы

Орган животного	Продукт выделения						
	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Экскременты	71,6	1594	124,5	58,6	140,7	2,0	41,0
Печень	335,4	876,4	55,8	184,6	227,9	2,8	25,4
Нога	37,0	1496	130,2	145,5	225,4	2,4	16,8

Выводы

При сравнении содержания микроэлементов в печени и ноге моллюска, наблюдается высокое содержание железа в обоих органах. Наиболее интенсивное перераспределение этого элемента характерно для печени животного. Из биогенных микроэлементов в наименьших количествах в печени накапливается никель, а в ноге – марганец.

Установлено повышенное содержание железа, никеля и свинца в экскрементах брюхоного моллюска по сравнению с остальными органами. Это может иметь важное значение при процессах детоксикации организма.

Проведенные исследования позволяют сделать заключение об особенностях перераспределения биогенных микроэлементов в ноге и печени моллюска *Bradybaena fruticum*. Содержание микроэлементов в этих органах моллюска отличается друг от друга, что связано с функциональным значением органов. Результаты исследования свидетельствуют о более активном участии печени как одного из жизненно важных органов в перераспределении микроэлементов. Такая функция печени становится существенной для процессов адаптации животных к существованию в зоне антропогенного воздействия.

1. Бессонова В. П. Дія надлишку заліза і хрому на активність нітратредуктази у вегетативних органах чорнобривців розлогих і чини запашної / В.П. Бессонова, О.Є. Іванченко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36, № 6. – С. 511–519.
2. Емец В. М. Содержание микроэлементов у колорадского жука на ранних стадиях онтогенеза при различном содержании металлов в кормовом растении / В.М. Емец, А.В. Жулидов // Доклады АН СССР. – 1982. – Т. 262, № 3. – С. 743–745.
3. Жулидов А. В. Аккумуляция свинца кивсяком *Sarmatiulus kessleri* Lohm из пищи и выведение его с экскрементами / А.В. Жулидов, М.Г. Сизова // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 278, № 2. – С. 508–510.
4. Жулидов А. В. Выведение тяжелых металлов из организма позвоночных животных // Экотоксикология и охрана природы: Сб. науч. статей. – М.: Наука, 1988. – С. 170–176.
5. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1991. – 151 с.
6. Мотузова Г. В. Соединения микроэлементов в почвах: Системная организация, экологическое значение, мониторинг / Г.В. Мотузова. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 166 с.
7. Мотузова Г. В. Экологический мониторинг почв / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академический проект, Гаудеамус, 2007. – 240 с.
8. Мурзаева С. В. Действие тяжелых металлов на проростки пшеницы: активирование антиоксидантных ферментов / С.В. Мурзаева // Прикладная биохимия и микробиология. – 2004. – Т. 40, № 1. – С. 114–119.
9. Орлов Д. С. Почвенно-экологический мониторинг / Д.С. Орлов. – М.: МГУ, 1994. – 270 с.
10. Охрана окружающей среды / А.М. Владимиров, Ю.И. Ляхин, Л.Т. Матвеев, В.Г. Орлов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 423 с.
11. Пасічна О. О. Індивідуальний та сумісний вплив іонів міді та мангану на кушир темно-зелений (*Ceratophyllum demersum* L.) // Доповіді НАН України. – 2002. – № 1. – С. 180–184.
12. Покаржевский А. Д. Геохимическая экология наземных животных / А.Д. Покаржевский. – М.: Наука, 1985. – 304 с.

Отримано: 10 червня 2010 р.

Прийнято до друку: 24 червня 2010 р.