

Биоиндикация загрязнения почв Нижнего Приамурья с помощью мезопедобионтов

Г. Н. ГАНИН

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
680000, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65
E-mail: Ganin@iver.as.khb.ru*

АННОТАЦИЯ

В местах локального загрязнения почвы тяжелыми металлами (ТМ) у малозольных высокобелковых мезопедобионтов (олигохеты, губоногие многоножки, некоторые жесткокрылые) с наименьшими фоновыми концентрациями Pb, Zn, Co, Sr чаще, чем у других беспозвоночных, фиксируется в биомассе повышение уровня этих поллютантов. Такие животные являются наиболее чувствительными к ТМ, а их массовые виды могут быть биоиндикаторами. Коэффициент биологического поглощения непригоден для экологического контроля. Для этих целей в пределах того же геохимического фона необходим “биоиндикатор-контроль”. Это имеет определяющее значение при нормировании предельной техногенной нагрузки на почву.

Ключевые слова: мезопедобионты, тяжелые металлы, биоиндикация, почвенное загрязнение, олигохеты, брюхоногие, многоножки, Дальний Восток.

Биоиндикация – это обнаружение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок по реакции на них живых организмов и их сообществ [1], в том числе мезопедобионтов – крупных почвенных беспозвоночных [2]. Они последними покидают среду обитания человека и отражают фактическую степень загрязнения экосистем тяжелыми металлами (ТМ), поглощая лишь подвижные формы элементов [3–5]. Для огромной территории наиболее осваиваемой части юга российского Дальнего Востока такие данные по почвенным обитателям являются во многом пионерными.

Цель данной работы – выявление возможности биоиндикации почвенного загрязнения территориально-промышленного комплекса Комсомольска-на-Амуре с помощью мезопедобионтов. Для этого проводили изучение содержания ТМ в биомассе массовых видов в

условиях горной страны и анализ связанных с этим особенностей биоаккумуляции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран в горной части охраняемых (Хинганский, Большехехцирский, Комсомольский заповедники – контрольные участки) и осваиваемых территорий Приамурья (43–51° с. ш., 131–140° в. д.) в листовенных (горные буротаежные почвы), смешанных хвойно-широколиственных и широколиственных лесах (горные буроземы). В каждой географической точке пробы брали в 4–10 местах.

Отбор подстилочных, герпетобияльных и собственно почвенных форм мезопедобионтов (видимые невооруженным взглядом беспозвоночные) проводили в течение трех-пяти вегетационных периодов. Собранных животных несколько суток содержали без пищи, затем подсушивали в медицинских бюксах на

золе и доставляли в лабораторию. Образцы выдерживали при 105 °С до постоянной массы и растирали в агатовой ступке.

Содержание ТМ I–III класса опасности Pb, Cd, Zn, Co, Cu, Cr, Ni, Mn, Sr в почве (валовое) и в беспозвоночных определяли атомно-абсорбционной спектрометрией с атомизацией в низкотемпературном пламени, Hg – методом холодного пара. Проанализировали 250 образцов (более 1800 элементоопределений). Размер анализируемой пробы (от 0,1 до 100 г сухой массы в зависимости от доступности модельного вида) и количество экземпляров в ней (около 50, а в случаях малой массы – несколько сот особей) во всех точках опробования были одинаковы или сопоставимы. Поскольку в незагрязненных почвах у педобионтов с возрастом не происходит накопления ТМ, для целей биогеохимической индикации пригодна любая возрастная группа беспозвоночных [6].

Коэффициент накопления (или коэффициент биологического поглощения) K_n – это отношение концентрации элемента в биомассе организма к содержанию в потенциальном пищевом субстрате.

Данные статистически обрабатывали в соответствии с общепринятыми методами [7]. Показатель точности определения средней ($m \pm C_s$) по анализируемым элементам составляет около 3–5 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования по биоиндикации 10 тяжелых металлов выявили, что концентрация элементов в педобионтах в большей степени связана с особенностями экологии конкретного вида и сложностью пищевых сетей в почве (облигатность микробиального звена, миксофагия) (табл. 1). Существенных различий по содержанию элементов в животных разных трофических групп не обнаружено ни на экологически чистых, ни на загрязненных участках. Хотя у фитосапрофагов отмечено несколько повышенное содержание стронция и марганца. Известно, что стронций, являясь химическим аналогом кальция, в условиях дефицита последнего в больших концентрациях присутствует у животных с кальцинированными

покровами (Mollusca, Diplopoda). Марганец входит в состав хлорофилла листвы и опада как кормового субстрата.

Из табл. 1 следует, что концентрация ТМ в теле беспозвоночных – признак дискретный. Внутри вида это связано как с индивидуальной изменчивостью, так и с ландшафтом местности. Кроме того, как показано ранее, имеются факторы, по-разному влияющие на видоспецифичность содержания металлов в мезопедобионтах [8]. По своей значимости они распределяются в следующем порядке.

I. Геохимический фон территории, ландшафтные особенности миграции ТМ, их биодоступность – контролируют популяционные отличия.

II. Экологическая ниша вида с ее важнейшими условиями и ресурсами (среда обитания, способ и объект питания).

III. Концентрация металлов в корме, их взаимодействия (синергизм/антагонизм).

IV. Эколого-геохимические свойства элементов, включающие биологическую роль и значение живого вещества в их миграции.

Анализ данных с экологически чистых участков показывает лишь порядковые сходства диапазона содержания ТМ в биомассе аборигенных педобионтов с беспозвоночными из других регионов Евразии [3]. Известно, что дальневосточный регион расположен в зоне Тихоокеанского рудного пояса [9]. Его металлогеническая специализация (Sn, Pb, Zn и сопутствующие им As, Ag, Cd и др.) проявляется в водотоках, растительности без участия человека, в силу природной особенности биогеохимической провинции и миграции элементов.

Более рельефно изменчивость этого признака выражена на освоенных территориях и особенно на техногенно-загрязненных участках района исследований. Для модельных видов наземных брюхоногих моллюсков *B. taacki* такой территориальный разброс является 2–26-кратным, для *D. pauper* – 3–20-кратным, для земляных кольчатых червей *E. nordenskioldi* – 3–60-кратным и *D. ghilarovi* – 2–22-кратным диапазоном между минимальной и максимальной концентрацией (см. табл. 1).

Физиологическая и экологическая толерантность организма определяет его индика-

Диапазон содержания ТМ в модельных видах мезопедобитонгов, обитающих в разных частях своего ареала на освоенных и заповедных территориях Приамурья ($m \pm 5\%$)

Вид	Pb	Zn	Cd	Co	Cu	Cr	Ni	Mn	Sr	Hg	мг/кг воздушно-сухой массы										
Фитосапрофаги																					
Mollusca (Gastropoda)																					
<i>Bradybaena maacki</i> (Gerstf.)	5,3-25	180-430	1,3-3,6	2,0-2,9	29-60	1,0-2,2	1,0-2,6	95-600	380-580	0,04-0,08											
	8,0-15	120-410	2,8-13	5,9-11	40-150	0,8-1,8	13-21	120-650	250-680	0,03-0,05											
<i>Discus pauper</i> (Gould)	6,0-123	200-1170	2,0-15	4,0-24	10-68	1,4-4,4	8,1-29	570-770	180-530	0,03											
	8,0-39	400-570	2,0-11	7,5-23	35-53	1,3-3,3	11-28	270-450	270-650	0,05											
Детритофаги																					
Oligochaeta (Megadrili)																					
<i>Eisenia nordenskioldi</i> (Eisen)	0,8-10	370-1000	1,0-17	1,2-24	5,8-37	1,7-5,2	1,0-2,6	51-190	52-107	0,03-1,8											
	1,0-5,5	110-880	3,2-5,8	2,6-5,8	6,4-9,0	0,7-4,0	2,6-6,0	45-150	8-74	0,13-0,22											
<i>Drawida ghilarovi</i> Gates	2,8-62	250-580	1,1-20	3,6-21	9-19	0,9-2,1	3,0-15	30-55	9,0-35	0,03-0,14											
	4-6,1	220-310	2,3-3,2	5,1-20	22-49	0,6-4,5	4,0-25	99-180	22-27	0,14-0,15											
Зоофаги																					
Myriapoda (Chilopoda)																					
<i>Arctogeophilus macrocephallus</i> Folk.	3,3-12	270-920	4,4-25	12-32	14-62	2,4-9,7	4,3-14	18-86	36-190	-											
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
<i>Lithobius sibiricus</i> Gerstfeldt	1,9-5,0	120-150	1,0-1,8	2,7-8,9	40-123	1,0-4,9	3,3-6,7	22-43	23-40	-											
	1,5	180	0,9	6,8	48	2,7	7,2	23	25	-											
Insecta (Coleoptera)																					
<i>Carabus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
	1,4-7,3	110-500	0,7-20	0,4-2,4	14-42	0,2-1,8	3,0-22	17-32	4,0-15	0,05											

Примечание. Над чертой - данные по освоенным территориям, под чертой - по заповедникам; прочерк - нет данных.

торную ценность [1]. Диапазон значений содержания того или иного металла в мезопедобионтах, обитающих в разных частях своего ареала, или емкость вида-биоиндикатора [10], является экологическим диапазоном толерантности в отношении анализируемых поллютантов.

Из модельных видов наиболее массовыми и доступными являются олигохеты *E. nordenskioldi* и моллюски *V. taacki*. По большинству металлов (8 из 10) кратность разброса концентраций ТМ на освоенной территории выше у червей, в некоторых случаях до порядка величин. При этом важно, что земляные черви – организмы с более низкими фоновыми концентрациями анализируемых элементов, чем моллюски (см. данные по заповедным территориям в табл. 1). Наиболее выражено это для Pb, Zn, Co и Sr.

Так, по Pb у олигохет на экологически чистых участках амплитуда концентрации составляет 1–5,5, а на освоенных территориях – 0,8–10 мг/кг; по Zn – соответственно 110–880 и 370–1000, по Co – 2,6–5,8 и 1,2–24, по Sr – 8–74 и 52–107 мг/кг. В червях *D. ghilarovi* разброс содержания по Pb составляет соответственно 4–6 и 2,8–62 мг/кг (с максимумом на пойменных сельхозугодьях), по Zn – 220–310 и 250–580 (с максимумом также на мелиорированных болотах), по Co – 5–20 и 3,6–21, по Sr – 22–27 и 9–35 мг/кг (с максимумом в районе радиационного могильника).

У моллюсков, как видно из табл. 1, разброс концентраций в целом меньше. Анало-

гичные данные с заповедных и освоенных территорий для *D. rauprer* по Pb составляют 8–39 и 6–123 мг/кг (с максимумом вблизи рудника), по Zn – 400–570 и 200–1170 (с максимумом вблизи рудника), по Co – 7,5–23 и 4–24, по Sr – 270–650 и 180–530 мг/кг (с максимумом в заповеднике и вблизи рудника). Для *V. taacki* эти величины по Pb составляют 8–15 и 5–25 мг/кг (с максимумом в рекреационной зоне), по Zn – 120–410 и 180–430, по Co – 5,9–11 и 2–29, по Sr – 250–680 и 380–580 мг/кг.

Причина такого разного характера биоаккумуляции у олигохет и моллюсков, как установлено в ходе анализа данных, кроется в разном химическом составе беспозвоночных (табл. 2). Так, земляные черви имеют исходно более низкую, чем моллюски, зольность и стехиометрические концентрации большинства макро- и микроэлементов, в том числе тяжелых металлов [3, 6]. Отличия имеются и в биохимическом составе: у олигохет (мегадрилиды и энхитреиды) содержание белка 60–85 %, а у моллюсков лишь 40–50 % от сухой беззольной массы. При этом известно, что многие металлы комплексуются именно с белками, в частности металлотионеиновыми, и родственными им веществами [11]. По этой причине, как представляется, у олигохет чаще, чем у моллюсков, отмечается устойчивое повышение содержания ТМ.

Низкая зольность и высокое содержание белков характерны также для насекомых, паукообразных и губоногих (литобио- и геофиломорфных) многоножек.

Т а б л и ц а 2

Общий химический состав основных групп почвенных животных, % от сухой беззольной массы (по данным [3, 6])

Животные	Зола	Белки и родственные вещества	Углеводы	Липиды
Мегадрилиды	5–10	60–85	10–20	10–35
Энхитреиды	2,5–3	60–75	5–10	20–30
Моллюски	10–30	40–50	20–40	10–40
Мокрицы	20–30	40–50	20–25	20–40
Многоножки:				
двупарноногие	50	40	20	15
губоногие	10	80	25	25
Паукообразные	5–8	30–60	20–25	10–20
Насекомые	0,5–8	20–50	10–40	20–70
Млекопитающие	10–12	50–65	10–20	15–40

Т а б л и ц а 3
Содержание ТМ в мезопедобионтах и почве некоторых проблемных территорий Нижнего Приамурья (m ± 5 %)

Вариант	Pb	Zn	Cd	Co	Cu	Cr	Ni	Mn	Sr	Hg	
											мг/кг сухой массы
Ф о н											
Площадка-контроль (хр. Мао-Чан)											
Опад листовой	17	20	0,3	3,5	0,8	6,0	Н. о.	1000	—	—	
Почва 0–5 см	16–21/30	23–140/100	0,3–0,6/0,1	3,7–10/—	8–23/55	10/6	8–17/85	1100/—	43–230/—	0,01–0,31/2,1	
Биоиндикатор-контроль:											
<i>Eisenia poddenskoldi</i> – детритофаги, заповедник (хр. Мао-Чан)*											
г. Гион (отроги Сихотэ-Алиня)*	0,8–1,4	100–140	1,1–2,6	1,0–1,2	—	1,5–2,4	1,0	80–150	44	0,03–0,22	
<i>Discus raupret</i> – фитосапрофаги, заповедник (хр. Мао-Чан)*											
г. Гион (отроги Сихотэ-Алиня)*	8,0–28	350–570	4,5–8,6	7,5–18	29–35	1,5	11–14	450	420–520	0,05	
<i>Silpha peregrata</i> , i – жуки-некрофаги, заповедник (хр. Мао-Чан)	13	200	6,0	4,2	34	1,8	16	360	—	—	
<i>Enchytraeidae</i> spp. – детритофаги, мелпюрированное болото (хр. Мао-Чан)	4,0	180	1,7	3,2	42	2,1	11	76	3,0	—	
<i>Agstodeorhynchus mastoserphalus</i> – зоофаги, мелпюрированное болото (хр. Мао-Чан)	1,4	210	2,0	0,5–1,1	24	9,2	13	42	43	—	
<i>Agstodeorhynchus mastoserphalus</i> – зоофаги, мелпюрированное болото (хр. Мао-Чан)	2,0	—	3,3	6,0	17	5,5	5,1	38	36	—	
И с т о ч н и к и э м и с с и и											
Комсомольский СКЗ (хр. Мао-Чан)											
Опад листовой	70	Н. о.	1,4	3,6	18	30	Н. о.	1900	—	—	
Почва 0–5 см	64	260	1,9	10	340	31	13	4100	150	>5,0	
Биоиндикатор-тест:											
<i>E. poddenskoldi</i> (хр. Мао-Чан)	1,3–4,2	96–650	9,4–24	2,6–4,1	7,3–9,0	1,8–2,5	2,4–6,0	130–250	58	0,3	
<i>A. mastoserphalus</i> (хр. Мао-Чан)	6,2	890	25	32	—	9,7	8,3	86	190	—	
Рудник Придорожный (хр. Мао-Чан)											
Опад листовой	57	750	6,0	3,0	67	2,1	<5,0	1100	140	0,77	
Биоиндикатор-тест:											
<i>D. raupret</i> (хр. Мао-Чан)	123	1170	15	21	68	—	10	570	530	—	
<i>S. peregrata</i> , i (хр. Мао-Чан)	9,0	390	4,0	Н. о.	88	63	15	99	5,4	—	
ГОК Солнечный (хр. Мао-Чан)											
Опад листовой	41	110	Н. о.	5,5	28	15	6,0	1200	83	0,19	
Биоиндикатор-тест:											
<i>Enchytraeidae</i> spp. (хр. Мао-Чан)	7,3–8,8	220–310	2,3–6,1	7–23	7,4–30	2,8–11	1,7–2,2	41–75	36–75	—	
<i>A. mastoserphalus</i> (хр. Мао-Чан)	5,7	920	8,0	—	14	24	4,3	61	—	—	

Примечание: Цифры после косой черты – ПДК для российских почв [5]; * – показано влияние геохимического фона Бурейнского хребта – хр. Мао-Чан и отрогов Сихотэ-Алиня – г. Гион; полужирным выделены позиции депонирования и биоаккумуляции ТМ относительно фона и контроля; прочерк – отсутствие данных; н. о. – не обнаружено.

Биогеохимическая функция некоторых мезопедобионтов на экологически чистых и загрязненных участках хр. Мао-Чан

Беспозвоночные животные	Концентрируют $K_n > 1$	Рассеивают $K_n < 1$	Не меняют
Мегадрилиды <i>E. nordenskioldi</i>	Zn, Cd Zn, Cd	Pb, Co, Cu, Cr, Ni, Mn, Sr Pb, Co, Cu, Cr, Ni, Mn, Sr	–
Энхитреиды <i>Enchytraeidae</i> spp.	Zn, Cd Zn, Co	Pb, Co, Mn, Sr Pb, Mn, Ni	Cr, Ni, Cu Cr, Cu, Sr
Моллюски <i>D. pauper</i>	Zn, Cd, Co, Cu, Sr Zn, Cd, Co, Sr, Ni, Pb	Cr, Mn Mn	Ni, Pb Cu
Многоножки <i>A. macrocephallus</i>	Cd, Co Cd, Zn, Cr, N	Pb, Co, Cr, Ni, Mn, Sr Pb, Cu	Pb, Mn, Cr Mn

П р и м е ч а н и е. До черты | – чистый, после черты | – загрязненный участок; по недостающим элементам данных нет.

На основе полученного материала по содержанию ТМ в мезопедобионтах южной части Дальневосточного региона проведена работа по биоиндикационному обследованию загрязненных участков некоторых проблемных территорий Нижнего Приамурья (Комсомольско-Амурский территориально-промышленный комплекс).

Тенденция выявления повышенных концентраций ТМ в почве отмечена для всех беспозвоночных (табл. 3). Аккумуляция поллютантов модельными видами педобионтов проходит вслед за ростом содержания металлов в опаде и почве на всех трофических уровнях сразу, хотя и в разной степени. При этом накапливаются не все металлы, а только их биодоступные формы. Например, детритофагами не усваивается Cu в окрестностях сернокислотного завода (СКЗ), фитосапрофагами и некрофагами – повышенное содержание Ni в окрестностях рудника, детритофагами и зоофагами – Cu и Ni в окрестностях горно-обогатительного комбината (ГОК).

Этот факт объясняется установленной ранее зависимостью биоаккумуляции от кислотности почвы, т. е. степени мобильности и количества подвижных ионов металла, находящихся в той или иной форме в контакте с педобионтами [12]. Эта причина, вероятно, определяет и повышенное содержание Mn и Sr в мезопедобионтах на загрязненных участках (см. табл. 3).

Известно, что среди растений в зависимости от химического элемента есть как “концентраторы” ($K_n > 1$), так и “рассеиватели”

($K_n < 1$) [13]. У беспозвоночных внутренние барьеры (в частности устройство клеточных мембран стенок кишечника [14]) не позволяют концентрации металла в теле расти бесконечно (правило Шелфорда), т. е. K_n , равно как и биогеохимическая функция этих животных, может меняться от уровня загрязнения (табл. 4). Подобное отмечалось и у пресноводных беспозвоночных [15]. А это означает, что коэффициент накопления не показателен для целей биоиндикации.

Как уже показано нами [4], в случае биогеохимической индикации важно иметь в качестве контроля точку опробования, максимально сходную по геохимическому фону с участком локального загрязнения. В табл. 3 отчетливо проявляется влияние такого фона на содержание ТМ в биомассе популяций червей *E. nordenskioldi* и моллюсков *D. pauper*, обитающих в экологически чистых почвах хр. Мао-Чан (Баджалская горная система) и г. Гион (Сихотэ-Алиньская горная система).

Исходя из этого в ходе обследования загрязненного участка представляется методически целесообразным в пределах того же геохимического фона в качестве точки отсчета иметь модельную популяцию беспозвоночных с уровнем фоновых концентраций ТМ (биоиндикатор-контроль). Это и отражено в табл. 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В местах локального загрязнения почвы ТМ у малозольных высокобелковых мезопедобионтов (олигохеты, губоногие многоножки, не-

которые жесткокрылые) с наименьшими исходными фоновыми концентрациями Pb, Zn, Co, Sr и других металлов-микроэлементов чаще, чем у других беспозвоночных, фиксируется повышение уровня этих поллютантов. Такие животные являются наиболее чувствительными к ТМ. Среди них, с учетом большей доступности, аборигенные виды земляных червей могут быть выбраны биоиндикаторами почвенного загрязнения в Нижнем Приамурье. Коэффициент биологического накопления непригоден для экологического контроля. Для этих целей в пределах того же геохимического фона необходим биоиндикатор-контроль, что делает сравнимыми концентрации металлов в биомассе модельных видов беспозвоночных из точек опробования. Это имеет определяющее значение при нормировании предельной техногенной нагрузки на почву.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. М.: Мир, 1988. 348 с.
2. Криволицкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994. 270 с.
3. Покаржевский А. Д. Геохимическая экология наземных животных. М.: Наука, 1985. 300 с.
4. Ганин Г. Н. Тяжелые металлы в почвенных беспозвоночных заповедников российского Дальнего Востока // Экология. 1995. № 5. С. 368–372.
5. Бутовский Р. О. Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных // Агрохимия. 2005. № 4. С. 73–91.
6. Ганин Г. Н. Почвенные животные Уссурийского края. Владивосток–Хабаровск: Дальнаука, 1997. 160 с.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.
8. Ганин Г. Н. Пороговый эффект у беспозвоночных при миграции тяжелых металлов в трофической цепи почва–педобионты // Вестник ДВО РАН. 2008. № 1. С. 98–106.
9. Елпатьевский П. В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-антропогенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 253 с.
10. Ganin G. N. Biogeochemical indication for protected and developed territories (on the example of soil invertebrates) // The Science of the Total Environment. P. 1. Amsterdam: Elsevier Science Publish. B. V., 1993. P. 217–223.
11. Biological monitoring of exposure to chemicals: metals / ed. by H. Kenneth Dillon. N.Y.: Willey-Intersci. Publ., 1991. 280 p.
12. Ван Страален Н. М., Донкер М. Х., Покаржевский А. Д. Механизмы адаптаций почвенных членистоногих при загрязнении окружающей среды тяжелыми металлами // Биоиндикация радиоактивных загрязнений / под ред. Д. А. Криволицкого. М.: Наука, 1999. С. 281–297.
13. Ковальский В. В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 299 с.
14. Покаржевский А. Д., Ван Страален Н. М., Филимонова Ж. В., Зайцев А. С., Бутовский Р. О. Трофическая структура экосистем и экотоксикология почвенных организмов // Экология. 2000. № 3. С. 211–218.
15. Богатов В. В., Богатова Л. В. Аккумуляция тяжелых металлов пресноводными гидробионтами в горнорудном районе юга Дальнего Востока России // Там же. 2009. № 3. С. 202–208.

Mesopedobiont-Based Bioindication of Soil Pollution in Lower Priamurye

G. N. GANIN

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS
680000, Khabarovsk, Kim Yu Chen str., 65
E-mail: Ganin@ivep.as.khb.ru*

In the areas of local soil pollution with heavy metals (HM), high-protein low-ash mesopedobionts with the smallest background concentrations of Pb, Zn, Co, Sr (oligochaetes, chilopoda, and some coleopterans) more often fix increased concentrations of these pollutants in their biomass compared to other invertebrates. Such creatures are the most HM sensitive and their mass species can serve as bioindicators. The biological consumption coefficient is not suitable for the ecological control. The “bioindicator-control” within the same geochemical background seems more appropriate to serve this purpose. It is of decisive importance when norms of maximum technogenic pressure on the soil are set.

Key words: mesopedobionts, heavy metals, bioindication, soil pollution, oligochaetes, gastropods, millipedes.