

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА–РАСТЕНИЕ–ЖИВОТНОЕ В РАЙОНЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ

© 2003 г. Е. В. Михеева, О. А. Жигальский, В. П. Мамина

Институт экологии растений и животных УрО РАН 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

Поступила в редакцию 08.04.2002 г.

Ключевые слова: геохимическая аномалия, тяжелые металлы, кларк концентрации.

В связи с увеличением техногенной нагрузки на биосферу проблема избыточного поступления тяжелых металлов в пищевые цепи экосистем приобретает все большую актуальность. Присутствие в окружающей среде тяжелых металлов в концентрациях, превышающих фоновые значения, может быть обусловлено либо техногенным загрязнением, либо наличием естественной геохимической аномалии (Ковда, 1985). В то время как биологическим эффектам техногенного загрязнения уделяется существенное внимание исследователей, проблема влияния на биоту уникального состава почв естественных геохимических аномалий остается малоизученной. Наши исследования посвящены изучению системы почва–растение–животное на территории естественной геохимической аномалии, приуроченной к ультраосновным горным породам, которые в значительной степени обогащены элементами семейства железа (Cu, Ni, Co, Cr) (Ковда, 1985; Перельман, Касимов 1999).

Район исследований расположен в окрестностях п. Уралец Пригородного района Свердловской области на территории распространения ультраосновных горных пород. В качестве фоновой территории использовался участок в юго-восточной части Висимского государственного природного биосферного заповедника.

Отбор проб почвы осуществлялся методом конверта из верхнего пятисанитметрового слоя. Каждая объединенная проба состояла из пяти рядовых (ГОСТ 17.4.4.02–84, 1985). В качестве модельного вида для оценки накопления тяжелых металлов в растениях использовался доминант травянистого яруса аномального участка – вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea* Roth.). Отбор проб надземной фитомассы растений осуществлялся в четырех повторностях с использованием квадратных пробных площадок (“Полевая геоботаника”, 1964). Длина стороны пробных площадок для отбора проб почвы и растений составляла 5 м. Отлов мелких млекопитающих проводили стандартными методами (Карасева, Телицына, 1996). Поступление тяжелых ме-

таллов в организмы мелких млекопитающих оценивали по их концентрации в содержимом желудков рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) – доминирующего вида как на аномальном, так и на фоновом участках. Для оценки накопления тяжелых металлов в организмах рыбых полевок использовалась их концентрация в печени, одном из основных органов депонирования (“Вредные…”, 1989). Кроме того, на аномальном участке проводилась оценка накопления тяжелых металлов в печени обыкновенной бурозубки (*Sorex aganeus* L., 1758) как представителя иного по сравнению с рыжей полевкой трофического уровня.

Валовое содержание тяжелых металлов в гумусовом горизонте почвы, надземной фитомассе вейника тростниковидного, содержимом желудков и печени рыжей полевки, а также печени обыкновенной бурозубки определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Кроме того, содержание хрома в почве определяли спектральным полуколичественным методом, так как часть связанного хрома является недоступной для определения методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Сравнение содержания тяжелых металлов в образцах, отобранных на аномальном и фоновом участках, проводили с использованием *t*-критерия (доверительный интервал – 95%). Для оценки накопления тяжелых металлов в почве, растениях и печени животных использовали кларки концентрации химических элементов (КК), равные отношению содержания химического элемента в исследуемом образце к его среднему содержанию в литосфере (Перельман, Касимов, 1999).

В результате анализа данных по содержанию тяжелых металлов в почве, предоставленных НПФ “Уральская гидрогеологическая экспедиция”, установлено, что исследуемый район располагается на территории естественной геохимической аномалии с избыточным содержанием никеля, кобальта и хрома, концентрации которых превышают среднеуральские фоновые значения в 4–35, 4–10 и 3.5–100 раз соответственно. Со-

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почве, вейнике тростниковой и печени рыжей полевки и печени обыкновенной бурозубки в районе естественной геохимической аномалии (над чертой) и на фоновом участке (под чертой), мкг/г воздушно-сухого веса

Объект	<i>n</i>	<i>M ± m</i>			<i>lim</i>		
		Ni	Co	Cr	Ni	Co	Cr
Почва	9	$390.86 \pm 9.13^*$	$70.4 \pm 6.69^*$	$2880 \pm 1799.7^*$	120.93–1053.7	41.4–102.18	350–10 000
	9	9.2 ± 0.99	7.54 ± 0.73	11.38 ± 0.58	3.08–11.7	4.78–11.21	9.19–14.07
Вейник тростниково-видный	9	$4.4 \pm 0.71^*$	0.16 ± 0.05	$1.14 \pm 0.08^*$	2.37–9.3	0.01–0.42	0.92–1.71
	9	1.76 ± 0.09	0.11 ± 0.02	0.66 ± 0.06	1.28–1.99	0.03–0.22	0.42–0.88
Содержимое желудка рыжей полевки	18	$6.22 \pm 0.64^*$	$0.85 \pm 0.14^*$	$3.05 \pm 0.71^*$	2.64–11.93	0.05–2.04	0.94–14.88
	16	1.69 ± 0.1	0.48 ± 0.08	0.82 ± 0.14	0.92–2.33	0.05–1.01	0.05–1.98
Печень рыжей полевки	37	$0.87 \pm 0.16^*$	$0.47 \pm 0.08^*$	$1.39 \pm 0.2^*$	0.05–5.91	0.05–2.55	0.09–4.1
	33	0.55 ± 0.05	0.18 ± 0.03	0.56 ± 0.08	0.03–9.17	0.02–0.88	0.02–1.79
Печень обыкновенной бурозубки	16	$2.98 \pm 0.76^{**}$	$0.96 \pm 0.21^{**}$	$4.34 \pm 1.19^{**}$	0.69–9.71	0.07–2	0.72–13.46

* Различия между аномальным и фоновым участками достоверны ($p \leq 0.05$).

** Различия между рыжей полевкой и обыкновенной бурозубкой на аномальном участке достоверны ($p \leq 0.05$).

дражание данных химических элементов в почве района естественной геохимической аномалии достоверно выше, чем на фоновом участке (табл. 1).

Содержание никеля и хрома в надземной фитомассе вейника тростникового на аномальном участке достоверно выше по сравнению с фоновым. Кобальта в тканях растений также больше на аномальном участке (см. табл. 1), однако эти различия достоверны лишь при доверительном интервале 69%. Данное обстоятельство, вероятно, связано с большей доступностью для растений соединений кобальта на фоновом участке, которая в свою очередь зависит от экологических и геохимических условий района произрастания (Петрунина, 1974).

Для оценки поступления тяжелых металлов в желудочно-кишечный тракт рыжих полевок, а также накопления их в печени рыжих полевок и обыкновенных бурозубок исследуемые животные были разделены на четыре группы (половозрелые самцы и самки, неполовозрелые самцы и самки). Ввиду того, что достоверных отличий по определяемым показателям между животными различных половозрастных групп не обнаружено как на аномальном, так и на фоновом участках, данные по отдельным половозрастным группам объединили.

Анализ концентраций никеля, кобальта и хрома в содержимом желудков рыжих полевок выявил более значительное поступление тяжелых металлов в организмы животных на аномальном участке по сравнению с фоновым. Различия достоверны по каждому из трех элементов. В печени рыжих полевок, обитающих в районе естественной геохимической аномалии, содержание ко-

бальта и хрома достоверно выше по сравнению с фоновым участком (см. табл. 1). Уровень достоверности различий в содержании никеля в печени животных составил 93.5%. Более низкий уровень достоверности различий, вероятно, объясняется значительными колебаниями концентраций никеля в тканях организма как при нормальном, так и избыточном его содержании в окружающей среде ("Никель...", 1984). В печени обыкновенной бурозубки на аномальном участке содержание тяжелых металлов выше по сравнению с рыжей полевкой ($p \leq 0.05$).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что содержание тяжелых металлов в почве, тканях растений и животных на аномальном участке выше, чем на фоновом. В

Таблица 2. Кларки концентрации (КК) тяжелых металлов в почве, растениях и животных в районе естественной геохимической аномалии (над чертой) и на фоновом участке (под чертой)

Объект	КК		
	Ni	Co	Cr
Почва	6.739 0.159	3.911 0.419	34.699 0.137
Вейник тростниковый	0.076 0.03	0.09 0.06	0.014 0.008
Печень рыжей полевки	0.015 0.009	0.026 0.01	0.016 0.007
Печень обыкновенной бурозубки (аномалия)	0.051	0.053	0.052

связи с этим можно ожидать проявления биологического эффекта на повышенные концентрации тяжелых металлов.

Представление о степени накопления тяжелых металлов в исследуемых образцах, а также об их распределении в системе почва – растение – животное дают кларки концентрации химических элементов (табл. 2). В связи с тем, что при расчете кларков концентрации используется среднее содержание химического элемента в литосфере, удобно и целесообразно использовать данный коэффициент для сравнения миграции и накопления химических элементов в почвах, растениях и животных различных регионов. Установлено, что кларки концентрации никеля, кобальта и хрома в почве, вейнике тростниковой и печени рыжей полевки выше на аномальном участке по сравнению с фоновым. Кларк концентрации хрома в печени рыжей полевки практически не отличается от кларка концентрации данного элемента в надземной фитомассе вейника тростниковой в районе естественной геохимической аномалии, вероятно, потому, что для исследования был взят только один вид растений из широкого рациона питания рыжей полевки, не являющейся концентратором тяжелых металлов. Кларки концентрации тяжелых металлов в печени обыкновенной бурозубки на аномальном участке свидетельствуют о более значительном уровне накопления никеля, кобальта и хрома представи-

телями данного вида по сравнению с рыжей полевкой.

В связи с тем, что уровень накопления тяжелых металлов в тканях растений и животных, обитающих в районе естественной геохимической аномалии, выше по сравнению с фоновой территорией, исследуемый район может быть отнесен к биогеохимической провинции с избыточным содержанием никеля, кобальта и хрома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V–VIII групп. Л.: Химия, 1989. 592 с.
- ГОСТ 17.4.4.02–84. М.: Изд-во стандартов, 1985. С. 3–6.
- Карасева Е.В., Телицына А.Ю.* Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: Наука, 1996. 227 с.
- Ковда В.А.* Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. 264 с.
- Никель и его соединения (Научные обзоры современной литературы по токсичности и опасности химических веществ. Вып. 58). М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984. 44 с.
- Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрея–2000, 1999. 764 с.
- Петрунина Н.С.* Геохимическая экология растений в провинциях с избыточным содержанием микроэлементов [Ni, Co, Cu, Mo, Pb, Zn] // Тр. Биогеохимической лаборатории. 1974. Вып. 13. С. 57–117.
- Полевая геоботаника. Т. 3. М.: Наука, 1964. 530 с.