

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАПОВЕДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Е.А. Хайрулина, Е.А. Ворончихина

Естественнонаучный институт, 614990, ул. Генкеля, 4

Рассмотрены естественные и техногенные факторы распределения тяжелых металлов (ТМ) в биотическом компоненте экосистем заповедника «Басеги». Для выявления роли данных факторов проанализированы концентрации ТМ в горных породах, почвах, растительности, органах мелких млекопитающих и атмосферных осадках. Выявлена локальная трансформация естественных биогеохимических показателей в результате аккумуляции ТМ в почвенно-биотических компонентах заповедных экосистем.

В современных условиях, когда нарастание антропогенной нагрузки создает реальную угрозу существованию естественных биотических комплексов, для их сохранения учреждаются особо охраняемые территории различного статуса. Высшей формой охраняемых территорий являются заповедники. В Пермском крае созданы два заповедника: «Басеги» (создан в 1982 г.) и «Вишерский» (1991 г.). Важнейшая задача заповедников края - сохранение эталонов западноуральской горной тайги. Заповедный режим позволяет оградить биотические комплексы от прямого воздействия человека, в отличие от опосредованного загрязнения в результате привноса поллютантов с атмосферными осадками.

В плане территориального размещения относительно источников промышленных выбросов заповедники Пермского края находятся в разных условиях. Расположенный на севере края заповедник «Вишерский» удален от источников загрязняющих атмосферных выбросов, в то время как заповедник «Басеги» расположен в границах ареалов рассеивания выбросов промышленных центров, долгое время специализировавшихся на добыче и переработке угля. В настоящее время, промышленность представлена производством цемента, черной и цветной металлургией, машиностроением. Перечисленные производства являются источниками выбросов тяжелых металлов (ТМ), экологическая опасность которых как загрязнителей среды обитания обусловлена устойчивостью в природной среде, склонностью к формированию геохимических аномалий, вызывающих деформацию естественных биогеохимических процессов в целом.

Стабильность химического состава природной среды - важное условие сохранения биоразнообразия заповедных горно-таежных экосистем. Контроль за состоянием химических параметров средообразующих компонентов, их влиянием на биоразнообразие выполняется в заповеднике «Басеги» на уровне раздела «Биогеохимический мониторинг» в рамках летописи природы с 1992 г. При изучении биогеохимических параметров экосистем наибольшее внимание уделяется содержанию ТМ в компонентах горно-таежных ландшафтов, поскольку даже в условиях умеренного антропогенного воздействия данные элементы представляют опасность для лесных экосистем. Лесная растительность и почвы выступают мощным поглотителем поллютантов, способны их трансформировать и в разной степени аккумулировать в различных компонентах лесных экосистем до токсического для биоты уровня (Аржанова, Елпатьевский 1990; Лукина, Никонов, 1996; Обухов 1989).

Исследование биогеохимических параметров западноуральской горной тайги проводилось с использованием метода ключевых площадок, выбранных после первичного полевого обследования в наиболее типичных горно-таежных природных комплексах с учетом экспозиционного фактора и обладающих относительной однородностью почвообразующих пород, почв и растительного покрова. Площадки представляют собой элементарные ландшафты транзитного класса, доминирующие в ландшафтной структуре заповедника «Басеги» и сохранившиеся в относительно естественном состоянии - не затронуты вырубками. На каждой площадке определялось содержание микроэлементов в почвообразующих породах, почве, растительности (*Picea obovata* L., *Abies sibirica* L., *Betula pubescens* Ehr.) и органах мелких млекопитающих (крот, мышовка, бурузубка, полевка). Всего отбиралось 70-80 проб ежегодно в летний вегетационный период (июль – август). Атмосферное воздействие и выявление веществ-поллютантов из группы ТМ выполнено методом опробования снежного покрова на стационарных площадках биогеохимического мониторинга (31 проба). Пробы снежного покрова отбирались в конце марта перед началом снеготаяния. Существование коррелятивных зависимостей между содержанием поллютантов в воздухе и снеге позволяет использовать этот компонент ландшафта

при геохимической индикации загрязнения. Оценка загрязнения снежного покрова особенно актуальна для ландшафтов таежной зоны. Загрязнители накапливаются в снеге в течение 4-5 месяцев. Весной, в результате снеготаяния, накопленное количество веществ начинает участвовать в миграционных процессах в ландшафтах.

Валовое содержание микроэлементов определялось в Центральной Уральской лаборатории атомно-эмиссионным анализом, позволяющим отслеживать широкий круг элементов (36 элементов). После выявления приоритетных загрязнителей проводилось определение подвижных форм тяжелых металлов в почвах в лаборатории атомно-абсорбционной спектроскопии географического факультета МГУ.

Проведенные исследования химического состава снежного покрова заповедника "Басеги" выявили значительную неоднородность распределения загрязняющей нагрузки. В целом, средние концентрации практически всех рассматриваемых элементов превышают средние расчетные нормы (Геохимия окружающей среды., 1990) для европейской части России (таблица 1). В химическом составе талых снежных вод преобладают цинк, марганец, и барий. Максимальная суммарная микроэлементная нагрузка выявлена на Северном Басеге. Среднее суммарное содержание металлов в химическом спектре снега на западном склоне (площадка № 1) составляет 5876,2 мг/кг, на восточном (площадка № 2) - 4755,3 мг/кг. Как на западном склоне, так и на восточном лидирует Zn. Практически по всем элементам содержание ТМ в снежном покрове на западном склоне выше, чем на восточном. Концентрация тяжелых металлов в снежном покрове Южного Басега значительно меньше: на восточном склоне (площадка № 6) - 3286,3 мг/кг, на западном (площадка № 8) – 2421,4 мг/кг. Тем не менее, содержание наиболее токсичных металлов (свинец, ванадий, медь и кадмий) здесь по сравнению с природными комплексами г. Северный Басег возрастает.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в снежном покрове заповедников "Басеги" (1994-2001 гг.)

Элемент	Норма*	№ площадки отбора							
		1		2		6		8	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Ni	57,0	121,8	23,1-193,8	50,7	32,8-88,7	52,8	16,4-86,7	47,8	39,6-66,5
Co	10,0	19,9	1,6-55,0	16,7	-	6,5	2,7-10,3	3,4	2,5-4,2
Cr	52,0	243,0	99,6-497,0	231,3	91,4-645,2	150,9	90,5-275,9	171,2	82,3-291,6
Mn	520,0	1291,2	428,0-4720,5	683,1	182,0-1854,8	441,7	164,0-896,6	393,8	164,6-1750,0
V	50,0	55,5	30,0-93,2	31,3	10,6-88,7	90,1	9,1-162,1	60,9	25,7-74,1
Cu	100,0	156,1	21,4-316,7	72,9	17,8-185,5	141,5	23,1-272,4	102,4	17,2-175,0
Zn	610,0	2531,1	621,7-6335,4	2470,7	364,0-9193,5	217,5	104,0-275,9	154,7	21,6-246,0
Pb	90,0	59,7	12,8-115,2	34,2	5,5-109,7	117,7	11,6-327,6	87,9	4,3-193,8
Mo	1,0	2,9	2,6-3,1	3,6	0,6-6,5	1,7	0,6-2,7	3,2	1,5-4,9
Ba	нет данных	435,2	106,0-1250,0	565,3	69,1-1854,8	349,2	90,5-551,7	187,0	82,3-291,7
Sr	нет данных	3,1	-	38,9	18,6-59,2	59,1	1,4-116,8	3,4	-
Cd	0,5	0,0	-	0,0	-	0,2	0,09-0,3	1,3	0,1-2,5

Примечание:

1- среднее арифметическое содержания элементов в плотном остатке, (мг/кг сухой массы)

2- пределы колебаний (мг/кг)

* - Норма содержания в плотном остатке снега (Геохимия окружающей среды, 1990)

Анализ данных позволил вычлнить два геохимически различных ареала повышенного содержания ТМ в снежном покрове: западный склон г. Северный Басег с высокими значениями кобальта, хрома и цинка, никеля, меди и восточный склон г. Южный Басег, где концентрация кобальта, хрома, никеля ниже, но максимальные значения отмечены для ванадия, свинца (таблица 1).

Сравнение микроэлементного состава талых вод заповедников "Басеги" и "Вишерский" (рисунок 1) и широкий диапазон данных по содержанию ТМ в снежном покрове за период наблюдения позволили сделать вывод о преобладании техногенных факторов при формировании химического состава осадков на территории заповедника "Басеги".

В отличие от снега, почвы способны аккумулировать поллютанты в течение всего периода техногенного воздействия, именно почвы являются одним из наиболее информативных блоков ландшафта, отражающим основные геохимические процессы, поэтому педохимическая индикация рассматривается современной наукой как метод экологической оценки состояния ландшафтов в целом.

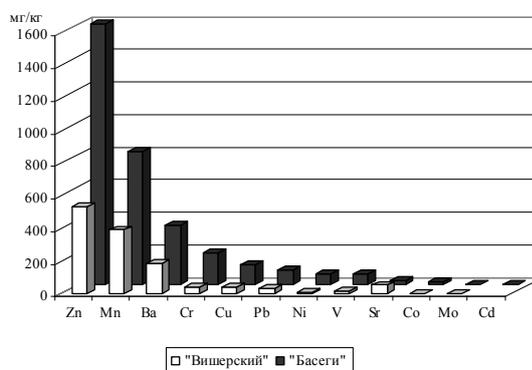


Рис. 1. Среднее содержание тяжелых металлов в плотном остатке снега в заповедниках "Басеги" и "Вишерский" за 1994-2001 гг.

Коренные почвообразующие породы, биоклиматические факторы и горный рельеф способствуют формированию на территории заповедника "Басеги", главным образом, буроземов кислых грубогумусных среднесуглинистых и подзолистых. Отличительной особенностью буроземов является преобладание бурых гуминовых кислот, которые образуют нерастворимые органо-минеральные комплексы. Данные комплексы малоподвижны и выполняют функцию структуров (клеящих веществ), удерживая в почвенных агрегатах от вымывания тонкие частицы минерального и органического вещества (Геннадиев, Глазовская, 2005), что может способствовать накоплению ТМ.

Почвы заповедника «Басеги» имеют кислую реакцию среды, вследствие чего преобладают процессы выноса элементов в условиях кислого выщелачивания. Наиболее низкие значения pH отмечены в верхней части профиля (4,8-5,4). В горизонтах переходных к почвообразующей породе pH постепенно смещается в сторону слабокислой (6,2). Содержание органического вещества ($C_{орг}$) составляет 35-36 % в лесной подстилке и 8,9-14,4 % в органо-минеральном горизонте. Содержание фракций физической глины и особенностей ее распределения по горизонтам свидетельствуют об облегченности верхней части профиля почв и элювиально-иллювиальном характере распределения тонких частиц. Высокое содержание органического вещества, физической глины обеспечивает высокую способность почв заповедника удерживать ТМ. Емкость катионного обмена для верхнего горизонта почв (A1) высокая и составляет 38-50 мг-экв/100 г. Анализ физико-химических свойств позволяет сделать вывод о том, что в горно-таежных ландшафтах маломощные буроземы с высоким содержанием слаборазложившейся органики отличаются большой буферностью к ТМ. При постоянном поступлении поллютантов аэротехногенным путем опасность загрязнения очень высокая.

Важным почвенным процессом, определяющим перераспределение химических элементов, является биологическое накопление. По данным Н.Ф.Глазовского (1987), В.В.Добровольского (1998) для растений лесной зоны характерно интенсивное накопление марганца, цинка и бария. Поэтому наряду с кислым выщелачиванием для почв заповедника характерно биогенное накопление данных элементов в верхних горизонтах почв.

Распределение ТМ в профиле почв горно-таежных ландшафтов коррелирует с содержанием в субстрате органического вещества и физической глины. По уровню концентрации ТМ почвы существенно отличаются от коренных пород. В них интенсивно накапливается марганец, цинк, свинец, кадмий. Концентрации этих элементов относительно почвообразующих пород увеличились в 1,5-3 раза. В дальнейшем с целью выявления степени воздействия атмотехногенного фактора на формирование химизма почв был проведен отбор лесной подстилки, который отражает поступление химических элементов из нижних почвенных горизонтов и атмосферы. Распределение средних концентрация рассматриваемых ТМ в лесной подстилке заповедников приведены в таблице 2. Из анализа данных очевидно, что в верхних грубогумусовых горизонтах (A0) и в органо-минеральном горизонте (A1) активно накапливаются элементы биофилы (цинк, марганец), в меньшей степени ванадий, медь. К элементам низкого биологического захвата можно отнести никель, кобальт, хром, стронций и молибден. Их концентрации в органогенных горизонтах составляют 10-50% от исходного содержания в почвообразующих породах.

Таблица 2

Валовое содержание тяжелых металлов в лесной подстилке горно-таежных ландшафтов заповедника "Басеги" (1994-2002 гг.)

№ площадки	зольность, %	Содержание элемента, мг/кг												
		Ni	Co	Cr	Mn	V	Cu	Zn	Pb	Cd	Mo	Ba	Sr	Всего
1 (n=4)	50,9	23,9	9,0	43,2	1410,9	48,0	26,1	97,5	36,9	0,0	1,0	309,8	59,7	3990,5
2 (n=4)	40,9	17,1	4,2	54,0	2391,9	61,7	31,8	131,5	42,3	0,0	3,6	242,5	52,5	5188,0
4 (n=5)	11,6	12,4	4,0	35,2	937,0	34,6	24,0	144,5	48,8	1,4	0,8	143,3	32,3	2812,2
5 (n=3)	35,1	27,1	12,0	102,6	3328,0	77,2	38,6	124,0	59,9	1,2	1,2	395,1	55,9	7314,2
6 (n=4)	38,0	26,3	10,9	59,7	2429,2	55,5	26,4	149,5	55,0	4,0	1,3	301,5	63,7	5736,4
8 (n=4)	44,8	27,8	7,8	77,1	2033,4	73,8	31,3	162,8	51,4	1,2	1,4	506,7	82,4	6878,4
Кларк для пород Урала*		20,0	10,0	30,0	800,0	80,0	50,0	60,0	10,0	0,2	1	150	150	

*по Г.А. Вострокнутову, 1986
n - количество проб

Уровень техногенной нагрузки можно оценить используя коэффициенты концентрации (КК) элементов как отношение содержания элемента в изучаемой системе к его кларку в литосфере (в нашем случае к кларку для пород Урала, рассчитанному Г.А.Вострокнутовым (1986) и коэффициент рассеяния (КР) – отношение кларка элемента в литосфере и к его содержанию в данном объекте (Перельман, Касимов, 1999).

Исследуемые почвы обеднены большой группой элементов, что является следствием преобладания процесса выноса элементов в условиях кислого выщелачивания над процессом их биогенной аккумуляции. Наиболее сильно рассеиваются из верхнего органогенного горизонта почв ванадий, медь, кобальт (КР=1,7-1,5). Близки к кларковым значениям содержания никеля (КК=1,1). Наиболее активно накапливается в почвах свинец (КК=4,9). Максимальными значениями аккумуляции свинца в почвах характеризуются природные комплексы г. Южного Басега (КК=5,5) и южный склон г. Северный Басег (КК=6,0). Так же в почвах заповедника "Басеги" активно накапливаются марганец (КК=2,6), цинк (КК=2,3) и хром (КК=2,1).

Содержание некоторых ТМ в почвах заповедника "Басеги" не удовлетворяет санитарно-гигиеническими нормативам. Так, обнаружены превышения для свинца (3ПДК), цинка (1,5ПДК), марганца + ванадия (3ПДК), кадмия (4ОДК). В данных почвенно-геохимических условиях они являются подвижными и активно вовлекаются в биологический круговорот.

Анализ содержания подвижных форм основных загрязняющих элементов (марганца, цинка, свинца, никеля, кадмия и хрома) в органно-минеральном горизонте, проведенный на площадках г.Южный Басег (площадки №№ 6 и 8) и г.Северный Басег (площадки №№ 1 и 2), показал, что в почвах южной части заповедника не только валовое содержание ТМ выше, но и содержание подвижных форм. Особенно опасно высокое содержание легкоподвижных форм (ацетатно-аммонийной буфер - АА) кадмия, свинца, хрома (таблица 3), т.к. данные тяжелые металлы находятся в форме доступной для растений.

Таблица 3

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в органно-минеральном горизонте горно-таежных ландшафтов заповедника "Басеги", мг/кг (2002 г)

№ площад-ки	рН	Mn		Zn		Pb		Cd		Cr	
		АА	1н.НСI	АА	1н.НСI	АА	1н.НСI	АА	1н.НСI	АА	1н.НСI
1	5.0	107.2	204.2	4.8	74.6	6.8	12.6	0.08	0.14	0.2	0.0
2	4.5	71.5	106.7	4.5	12.8	8.5	19.2	0.07	0.23	0.0	0.0
6	4.8	171.5	352.3	9.2	25.0	23.0	52.6	0.19	0.50	0.0	0.0
8	5.4	149.7	371.4	17.2	44.5	7.1	22.2	0.25	0.41	0.9	0.0

Валовые содержания ТМ в фитомассе заповедника на различных площадках менее контрастны, чем почвах. Тем не менее, высоких концентраций достигают те же элементы. Концентрации хрома изменяются от 0,74 до 12,81 мг/кг (таблица 4). Максимальное значение принадлежит восточному склону г. Южный Басег и превышает верхний предел кларка для растительности суши (Кабата-Пендиас и др., 1989) в 6 раз. Содержание свинца в древесной растительности изменяется от 0,51 до 1,92 мг/кг. Максимальные значения данного элемента обнаружены в растительности природных комплексах г. Южный Басег и превышает кларк растений в 9 раз. Аналогичная аномалия характерна и для другого токсичного элемента – кадмия, хотя его максимальное содержание (0,2 мг/кг) не превышает верхнего предела кларка кадмия в растительности суши.

Таблица 4

Среднее содержание тяжелых металлов в фитомассе древесных растений горно-таежных ландшафтов (1994-2002 гг.)

№ площадки	Суб-страт	Содержание элемента, мг/кг											
		Ni	Co	Cr	Mn	V	Cu	Zn	Pb	Cd	Mo	Ba	Sr
1	хвоя	1,93	0,29	0,77	455,66	0,37	2,53	11,96	0,70	0,00	0,22	34,64	15,65
	береза	4,66	0,60	0,82	642,60	1,20	3,68	86,92	0,81	0,02	0,28	96,12	27,31
2	хвоя	1,11	0,24	0,77	432,23	0,40	2,93	24,44	0,93	0,00	0,15	53,36	10,62
	береза	3,15	0,48	0,80	611,39	1,05	4,14	65,31	0,85	0,00	0,23	82,21	15,17
4	хвоя	1,15	0,16	0,98	370,82	0,69	2,91	13,55	1,53	0,00	0,05	10,23	10,25
	береза	2,81	0,44	0,89	487,32	1,17	3,99	43,14	0,77	0,00	0,18	18,48	14,09
5	хвоя	0,54	0,20	0,59	282,50	0,84	2,68	14,95	0,91	0,00	0,13	8,95	3,13
	береза	2,74	0,42	0,97	360,42	2,04	3,70	67,34	0,51	0,00	0,19	22,98	18,40
6	хвоя	1,94	0,42	0,74	314,43	1,20	2,67	10,60	1,24	0,02	0,06	22,88	7,43
	береза	6,47	0,65	12,81	573,02	1,91	4,52	63,43	1,72	0,05	0,06	51,11	18,22
8	хвоя	1,61	0,18	1,19	333,96	1,10	3,91	17,29	1,92	0,00	0,08	21,88	6,28
	береза	2,73	0,45	1,08	530,84	1,86	3,85	59,68	1,31	0,20	0,23	43,96	14,07
Среднее значение	хвоя	1,38	0,25	0,84	364,93	0,77	2,94	15,47	1,20	0,00	0,11	25,32	8,89
	береза	3,76	0,51	2,90	534,27	1,54	3,98	64,30	1,00	0,05	0,19	52,48	17,88
Кларк*		<3,7	0,01-2,0	0,02-0,2	15-500	<0,002	5-30,0	1,2-73	<0,2	0,08-0,28	0,03-1,0	1-198	

* - Кларк растительности суши по А. Кабата-Пендиас и др., 1989

Видовые различия в накоплении ТМ проявляются в более высокой аккумуляции практически всех ТМ в листе березы, чем в хвое ели и пихты. Более активное накопление в хвое ели и пихты характерно для свинца. Анализ коэффициентов биологического поглощения листовых и хвойных пород показал слабую дифференциацию между природными комплексами г. Северный Басег (площадки №№ 1 и 2) с зональными ландшафтами (Глазовский, 1987; Добровольский, 1998). Для данных природных комплексов характерно энергичное биологическое поглощение марганца, цинка, стронция, бария, меди (таблица 5), что подчеркивает катионофильный характер биогеохимической специализации растений лесных ландшафтов.

На склонах г. Южный Басег (площадки №№ 6,8) происходит изменение ассоциации наиболее биологически активных тяжелых металлов и увеличивается видовые различия в накоплении элементов. В листе березы продолжают активно накапливаться цинк, марганец, стронций, барий. Для хвойных деревьев Кб марганца, бария значительно снизился: марганца – в 2 раза, бария – в 3 раза. Увеличилось биологическое поглощение (для всех древесных пород) свинца в 2 раза, ванадия - в 1,5-2 раза, хрома - в 14 раз, кадмия - в десятки раз.

Таблица 5

Ряды коэффициентов биологического поглощения в горнотаежных ландшафтах

№ площадки	Субстрат	Кб					
		> 20	10-20	5-10	1,0-5	0,1-1,0	<0,1
1	Хвоя ели, пихты	Mn ₃₁ , Mo ₂₁ , Sr ₂₀	Zn ₁₁	Ba ₈ , Cu ₇ , Ni ₆	Co _{2,1} , Pb _{2,1}	Cr _{0,9} , V _{0,4}	Cd
	Лист березы	Zn ₈₀ , Mn ₄₄ , Sr ₃₅ , Mo ₂₈ , Ba ₂₁	Ni ₁₄ , Cu ₁₁		Co _{4,4} , Pb _{2,4} , V ₂ , Cr ₁		Cd
2	Хвоя ели, пихты	Mn ₂₅	Zn ₁₈ , Ba ₁₄ , Sr ₁₃	Cu ₈	Mo _{4,1} , Ni _{3,0} , Co _{3,0} , Pb _{2,6}	Cr _{0,8} , V _{0,5}	Cd
	Лист березы	Zn ₅₀ , Mn ₃₅ , Ba ₂₁	Sr ₁₉ , Cu ₁₁	Ni ₉ , Co ₆ , Mo ₆	Pb _{2,4} , V _{1,6}	Cr _{0,8}	Cd
6	Хвоя ели, пихты		Mn ₁₇ , Sr ₁₃	Zn ₉ , Cu ₉ , Ba ₇	Ni _{3,6} , Pb _{3,3} , Mo _{2,8} , Co _{2,5} , V _{1,4}	Cr _{0,8} , Cd _{0,2}	
	Лист березы	Zn ₅₅ , Sr ₃₂ , Mn ₃₂	Ba ₁₅ , Cu ₁₅ , Cr ₁₄ , Ni ₁₂		Pb _{4,6} , Co _{3,9} , V _{2,3} , Mo _{1,4}	Cd _{0,6}	
8	Хвоя ели, пихты		Mn ₁₆ , Zn ₁₂ , Cu ₁₀	Sr ₇ , Pb ₅	Mo _{4,3} , Ba _{3,5} , Ni _{3,3} , Co _{1,2} , V _{1,1} , Cr _{1,1}		Cd
	Лист березы	Zn ₄₀ , Mn ₁₆	Cd ₁₆ , Sr ₁₆ , Mo ₁₃ , Cu ₁₀	Ba ₇ , Ni ₆	Pb _{3,4} , Co _{3,1} , V _{2,0} , Cr _{1,0}		

Для определения глубины воздействия загрязнения тяжелыми металлами на природный комплекс с позиций проникновения их в пищевую цепь и влияния на фауну изучался микроэлементный состав биосубстратов мелких млекопитающих отловленных в очаге загрязнения (таблица 6). Наибольшее число микроэлементов обнаружено в печени мышовки и составляет 259.3 мг/кг. Среди ТМ в животных по валовому содержанию преобладают биофильные элементы - Mn, Cu и Zn. Их концентрации в печени изменяются от 14 до 88 мг/кг. Для Co, Cr, Mo, Be отмечены наименьшие валовые содержания. Превышение среднего содержания в биосубстратах животных (Овчинников, 1990) обнаружено для более широкого спектра ТМ, чем, например, в почве и растительности. Наибольшие отклонения от данного значения составляют для Mn (в 441 раз в печени крота), Be (в 226 раз печени бурозубки), Cr (в 20 раз в печени мышовки), Ba (в 20.5 раз в печени мышовки), V (в 8 раз в печени мышовки), Cu (в 11.5 раз в печени крота), Zn (в 3 раза в печени мышовки), Mo (в 4 раза в печени мышовки).

Таблица 6

Микроэлементный состав биосубстратов мелких млекопитающих заповедника «Басеги» (фитоценозы бассейна Малого Басега, 1996 г.)

Характер субстрата	Зольность, %	Содержание элементов в плотном остатке, мг/кг сухой массы													
		Ni	Co	Cr	Mn	V	Cu	Zn	Pb	Cd	Mo	Ba	Sr	Be	Всего
Печень крота	4.3	0.9	0.4	0.8	43.0	1.3	25.8	17.2	0.9	0.9	0.4	8.6	8.6	0.04	149.1
Печень крота	4.3	1.5	0.3	1.0	88.2	0.9	24.5	44.1	2.0	2.5	0.5	9.8	8.8	0.05	224.5
Печень мышовки	16.4	3.3	0.8	1.6	24.6	1.6	16.4	49.2	2.5	-	0.8	16.4	84.8	-	259.3
Печень бурозубки	8.0	0.7	0.4	0.8	32.0	0.8	14.4	24.0	1.2	2.4	0.4	8.0	8.0	0.08	139.8
Печень крота	4.6	0.5	0.5	1.4	32.2	0.9	27.6	41.4	1.8	2.3	0.5	9.2	4.6	-	165.2
Печень полевки	5.2	0.8	0.2	0.8	20.8	0.9	9.4	26.0	0.8	-	0.4	10.4	5.2	-	111.4
Среднее содержание в биосубстратах животных (по Овчинникову, 1990)		0.8	0.3	0.08	0.2	0.2	2.4	16.0	2.0	0.5	0.2	0.8	14.0	0.3 x 10 ⁻²	

Хайрулина Е.А., Ворончихина Е.А. Оценка современного биогеохимического состояния заповедных экосистем Пермского края. Вестник Пермского университета. Серия Биология. Выпуск 5 (10). С. 155-160.

Анализ содержания химических элементов в компонентах экосистем заповедника “Басеги” позволил выявить сложившуюся на период исследования локальную трансформацию естественных биогеохимических показателей за счет аккумуляции в снеге, почвенном субстрате и биоте технофильных элементов из группы ТМ. Пропорциональное изменение содержаний элементов в перечисленных субстратах свидетельствует о поступлении данных химических элементов с воздушными потоками.

Библиографический список

- Аржанова В.С., Елпатьевский Л.В.* Геохимия ландшафтов и техногенез. -Спб.: Наука, 1990.- 197 с.
- Вострокнутов Г.А.* Временное методическое руководство по проведению геохимических исследований при геоэкологических работах. – Екатеринбург: Уралгеология, 1991.- 137 с.
- Геннадиев А.Н., Глазовская М.А.* География почв с основами почвоведения: Учебник – М.: Высш. шк., 2005. – 461 с.
- Геохимия окружающей среды/ Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Яншин Е.П. и др.* - М.: Недра, 1990.- 335 с.
- Глазовский Н.Ф.* Биогеохимический круговорот в различных природных зонах СССР// Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. - М. Наука, 1987. - С.56-64
- Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. – М: Наука, 1998 – 413 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. и др.* Микроэлементы в почвах и растениях. - М. 1989
- Лукина Н.В., Никонов В.В.* Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. В 2-х ч., - Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 1996. - 213 с.
- Обухов А.И.* Теория и практика рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами// Тез. докл. VII Всесоюз. съезда почвоведов. Кн 1. – Новосибирск.: Наука, 1989. – С. 209
- Овчинников Л.Н.* Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. - 248 с.
- Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафтов: Учебное пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Астрель-2000, 1999.-786 с.

Assessment of contemporary biogeochemistry of reserves of Perm region

E.A. Khayrulina, E.A. Voronchihina

Natural and technogenic factors of heavy metal distribution in biotic component of natural reserve “Basegi” were examined. Analysis of heavy metal concentrations in rocks, soil, plants, mammals and atmospheric precipitates in pristine ecosystems allows determine role of natural and technogenic factors. As a result of heavy metal accumulation in soil-biota components transformation of natural biogeochemistry was found out.