

Влияние регионального переноса загрязнителей на трансформацию биогеохимических параметров горно-таёжных ландшафтов

© 2011. Е. А. Хайрулина¹, к.г.н., с.н.с., Е. М. Никифорова², к.г.н., с.н.с.,
Е. А. Ворончихина¹, к.г.н., с.н.с.,

¹Естественно-научный институт Пермского государственного университета,

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

e-mail: elenakhay@gmail.com, natalk@mail.ru, voronchihina-ea@yandex.ru

В статье представлены результаты исследований влияния аэрального поступления тяжёлых металлов в результате регионального переноса на биогеохимические параметры природных комплексов заповедников «Басеги» и «Вишерский», представляющих горную тайгу Западного Урала. Для оценки трансформации биогеохимических параметров были рассмотрены химический состав лесной подстилки, почв и древесной растительности.

The article shows the results of studies of transboundary heavy metal pollution impact on biogeochemical parameters on the natural systems of natural reserve of «Basegi» and «Visherskii», representing the mountain taiga of the Western Urals. To assess the transformation of the biogeochemical parameters the chemical composition of forest litter, soil and forest vegetation were considered.

Ключевые слова: региональный перенос загрязнителей, заповедники, тяжёлые металлы, биогеохимические параметры

Key words: transboundary pollution, natural reserves, heavy metals, biogeochemical parameters

Введение

Исключительный охранный режим государственных природных заповедников РФ предполагает сохранение не только биологического разнообразия ландшафтов, но и естественных ландшафтно-геохимических параметров, что в условиях регионального рассеивания загрязнителей становится сложной задачей.

Особую опасность представляет увеличение содержания тяжёлых металлов (ТМ), которые активно участвуют в региональном и межрегиональном переносе загрязнителей. В большинстве стран Европы более половины антропогенных выпадений ТМ определяется трансграничным переносом [1]. В лесных ландшафтах опасность загрязнения тяжёлыми металлами возрастает, т. к. катионогенные элементы, к которым относится большинство ТМ, активно мигрируют в условиях кислой среды, лесная растительность и подстилка являются их интенсивными биогеохимическими поглотителями.

Цель исследования – изучить атмосферные поступления ТМ в ландшафты Западного Урала на примере заповедников Пермского края и выявить трансформацию их биогео-

химических параметров под влиянием регионального переноса загрязнителей.

Объект и методы исследований

В качестве объектов исследования были выбраны заповедники «Басеги» и «Вишерский». Благодаря статусу на их территории исключена любая хозяйственная деятельность. Объекты исследования находятся на различном удалении от промышленных центров Урала. Заповедник «Басеги» расположен в наиболее промышленно освоенной горнозаводской части Урала на расстоянии менее 50 км к востоку и северо-востоку от промышленных городов. Заповедник «Вишерский», напротив, наиболее удалён от промышленных центров Пермского края, республики Коми и Свердловской области.

Оба заповедника представляют ненарушенные горно-таёжные комплексы Западного Урала. Они относятся к верхним звеньям горных каскадных систем Урала, что обеспечивает геохимическую автономность их миграционных потоков. С другой стороны, природные комплексы расположены на пути регионального переноса атмосферных воздушных масс. Хребты Урала, являясь

Таблица 1

Характеристика ландшафтов ключевых площадок заповедников Западного Урала			
№	Местоположение	Растительность	Почвы
1	Западный склон г. Сев. Басега	Берёзово-пихтово-еловый с примесью рябины кислично-папоротниково-хвоцевый зеленомошный лес	Бурозём грубогумусовый среднесуглинистый неглубоко каменистый
2	Восточный склон г. Сев. Басега	Берёзово-елово-пихтово-рябиновый чернично-папоротниковый зеленомошный лес	Бурозём грубогумусовый среднесуглинистый каменистый
4	Северный склон г. Сред. Басега	Пихтово-берёзово-еловый с примесью рябины лерхенфельдиево-черничный зеленомошный лес	Подзолистая грубогумусовая иллювиально-железистая
5	Южный склон г. Сред. Басега	Берёзово-пихтово-еловый малиновый папоротниковый зеленомошный лес	Бурозём грубогумусовый среднесуглинистый
6	Восточный склон г. Южн. Басега	Берёзово-пихтово-еловый малиновый злаково-папоротниковый зеленомошный лес	Бурозём грубогумусовый среднесуглинистый каменистый
8	Западный склон г. Южн. Басега	Берёзово-елово-пихтовый с примесью рябины малиновый чернично-папоротниковый зеленомошный лес	Грубогумусовая иллювиально-железистая поверхностно-каменистая
10	Восточный склон г. Муравьиный Камень	Берёзово-пихтово-еловый с примесью рябины лерхенфельдиево-черничный зеленомошный лес	Подзолистая тяжелосуглинистая поверхностно-каменистая
11	Западный склон г. Ишерим	Пихтово-берёзово-еловый с примесью рябины малиновый чернично-папоротниковый зеленомошный лес	Горная лесная неоподзоленная среднесуглинистая

естественными барьерами, повышают опасность поступления загрязнителей на территорию заповедника. По этой причине в аналогичных условиях Висимского заповедника (восточноуральского аналога заповедника «Басеги»), в экосистемах горных вершин Урала содержание ТМ достигает уровня буферной зоны Среднеуральского медеплавильного завода [2]. Среди приоритетных загрязнителей в почвах выделены цинк, медь, свинец и кадмий.

С целью определения вклада аэрального поступления ТМ в заповедные ландшафты был рассмотрен ветровой режим района исследования и состав атмосферных осадков (талых снеговых вод), собранных на территории заповедников. Опробование снежного покрова было проведено на стационарных площадках биогеохимического мониторинга. Пробы снега отбирались в конце марта перед началом снеготаяния. Всего собрано более 50 проб снега. Для определения растворимых и нерастворимых форм ТМ в снежном покрове твёрдая нерастворимая фракция выделялась путём фильтрования. Основной ряд наблюдений был получен на основе данных валового содержания химических элементов.

Для выявления трансформации биогеохимических параметров анализировался химический состав лесной подстилки (горизонт A_0 , глубина 0–2,5 см) и древесной растительности (листья берёзы *Betula pubescens* Ehrh. и *Betula pendula* Roth, хвои ели *Picea obovata* Ledeb. и пихты *Abies Sibirica* Ledeb.). Валовое содержание 36 микроэлементов в талых водах и лесной подстилке определялось в Центральной Уральской лаборатории атомно-эмиссионным анализом. После выявления приоритетных загрязнителей в лаборатории атомно-абсорбционной спектроскопии географического факультета МГУ определяли подвижные формы ТМ в органоминеральном горизонте почв (2,5–6 см), применяя кислотную вытяжку (1н HCl) и ацетатно-аммонийный буфер (АА).

Изучение геохимии ТМ в ландшафтах заповедников проходило в 1994–2005 гг. по традиционной методике с помощью метода ключевых площадок [3, 4], выбранных после первичного полевого обследования в наиболее типичных горно-таёжных природных комплексах с учётом экспозиционного фактора. Исследуемые площадки обладают относительной однородностью почвообразующих пород, почв и растительного покрова (табл. 1). По услови-

ям миграции площадки исследования относятся к трансэлювиальным элементарным ландшафтам с абсолютными высотами 400 – 430 м.

Результаты исследований и обсуждение

Среднее содержание ТМ в снеговых водах заповедных ландшафтов показывает, что их химический состав напрямую зависит от местоположения заповедников по отношению к источникам загрязнения (табл. 2). Анализ ветрового режима за исследуемый период (1994–2005 гг.) выявил, что существенную долю составляют ветра западного, южного и восточного направлений (рис. 1), а заповедник «Басеги» находится в непосредственной близости к городам, в которых сосредоточены производства цемента, сжигания угля, чёрная и цветная металлургия и машиностроение, т. е. те виды производства, выбросы которых содержат тяжёлые металлы [5].

Для заповедника «Басеги» характерны повышенные концентрации большого ряда элементов в снеге. Максимальные концентрации в талых водах отмечаются для цинка, марганца и бария. Средние концентрации практически всех рассматриваемых элементов превышают нормальные содержания для снега [6], что указывает на чрезвычайно высокое антропогенное воздействие и значительную роль регионального атмосферного переноса в поступлении загрязнителей в заповедные ландшафты.

На основе средних содержаний ТМ в талых водах заповедника «Вишерский» был построен следующий ряд элементов, мг/кг:

$$\frac{Zn}{537,5} > \frac{Mn}{404,5} > \frac{Ba}{188,2} > \frac{Sr}{57,5} > \frac{Cr}{43,2} > \frac{Cu}{40,7} > \frac{Pb}{31,9} > \frac{V}{22,8} > \frac{Ni}{13,2} > \frac{Co, Mo}{2,3}$$

По средним значениям концентрации элементов в снежном покрове заповедника «Басеги» (за период 1994–2001 гг.) для склонов различных экспозиций хребта Басег ТМ образуют следующие ряды элементов, мг/кг:

Западный склон г. Северный Басег:

$$\frac{Zn}{2531,1} > \frac{Mn}{1291,2} > \frac{Ba}{435,2} > \frac{Cr}{243,0} > \frac{Cu}{156,1} > \frac{Ni}{121,8} > \frac{Pb}{59,7} > \frac{V}{55,5} > \frac{Co}{19,9} > \frac{Sr}{3,1} > \frac{Mo}{2,9}$$

Восточный склон г. Северный Басег:

$$\frac{Zn}{2470,7} > \frac{Mn}{683,1} > \frac{Ba}{565,3} > \frac{Cr}{231,3} > \frac{Cu}{72,9} > \frac{Ni}{50,7} > \frac{Sr}{38,9} > \frac{Pb}{34,2} > \frac{V}{31,3} > \frac{Co}{16,7} > \frac{Mo}{3,6}$$

Восточный склон г. Южный Басег:

$$\frac{Mn}{441,7} > \frac{Ba}{349,2} > \frac{Zn}{217,5} > \frac{Cr}{150,9} > \frac{Cu}{141,5} > \frac{Pb}{117,7} > \frac{V}{90,1} > \frac{Sr}{59,1} > \frac{Ni}{52,8} > \frac{Co}{6,5} > \frac{Mo}{1,7} > \frac{Cd}{0,2}$$

Западный склон г. Южный Басег:

$$\frac{Mn}{393,8} > \frac{Ba}{187,0} > \frac{Cr}{171,2} > \frac{Zn}{154,7} > \frac{Cu}{102,4} > \frac{Pb}{87,9} > \frac{V}{60,9} > \frac{Ni}{47,8} > \frac{Sr, Co}{3,4} > \frac{Mo}{3,2} > \frac{Cd}{1,3}$$

Видно, что аэрогенная нагрузка на природные комплексы заповедника «Вишерский» меньше. На этом основании содержание металлов в снежном покрове заповедника можно использовать при расчёте коэффициента концентрации (Kc) [7].

Экспозиции склонов гор вносят коррективы в распределение элементов в снежном покрове. Повышенный уровень содержания ТМ в снежном покрове наблюдается на западном

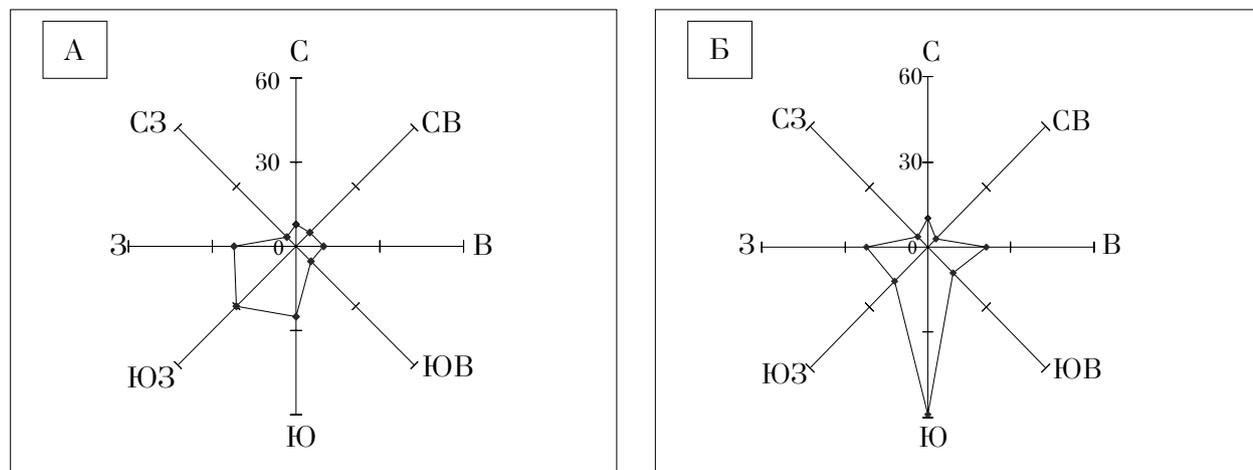


Рис. 1. Ветровой режим в зимний период 2001–2002 гг. (А) и 2002–2003 гг. (Б) (повторяемость по каждому румбу в днях), по данным «Летописи природы...», 2003 г., 2004 г.

Таблица 2

Содержание микроэлементов в снежном покрове и лесной подстилке заповедников «Басеги» и «Вишерский» (1994–2001 гг.)

Элемент	Норма*	Снег				Кларк **	Лесная подстилка (0-10 см)			
		«Басеги» (n=20)		«Вишерский» (n=4)			«Басеги» (n=24)		«Вишерский» (n=7)	
		1	2	1	2		1	2	1	2
Ni	57	73,2	46,4-193,8	43,2	11,3-17,3	23,1	7,0-48,2	18,8	8,8-35,7	
Co	40	11,4	1,6-50,0	2,3	1,9-2,9	8,7	0,9-32,4	6,7	0,9-12,8	
Cr	52	204,8	82,3-645,2	43,2	34,5-49,6	60	8,6-123,1	45,2	7,1-107,2	
Mn	520	793,9	164,0-4720,5	404,5	356,4-410,0	800	300,5-7250,0	895,2	199,9-1931,0	
V	50	56,9	9,1-162,1	22,8	12,4-28,8	80	10,8-145,0	40,6	7,0-107,2	
Cu	100	116,7	17,2-316,7	40,7	32,7-55,4	50	9,5-65,6	22,8	7,2-50,0	
Zn	610	1504,8	21,3-9193,5	537,5	497,6-570,0	60	41,6-33-69,5	57,3	28,7-97,8	
Pb	90	70,8	4,3-327,6	31,9	12,4-51,8	40	10,4-123,1	28,2	10,4-50,0	
Mo	1	2,6	0,6-6,5	2,3	–	1	0,0-11,9	0,7	0,3-1,2	
Ba	нет данных	394,6	69,1-1854,8	188,2	116,5-290,0	150	43,0-667,0	210	49,7-500,7	
Sr	нет данных	33,7	1,5-116,8	57,5	19,2-87,0	150	14,0-109,4	44,6	14,2-107,2	
Cd	0,5	0,7	0,1-2,5	0	–	0,2	0,0-4,1	–	–	

Примечание: n – количество проб; 1 – среднее арифметическое содержания элементов в плотном остатке (мг/кг сухой массы); пределы колебаний (мг/кг); * – норма содержания в плотном остатке снега (мг/кг) [6]; ** – кларк для пород Урала [3].

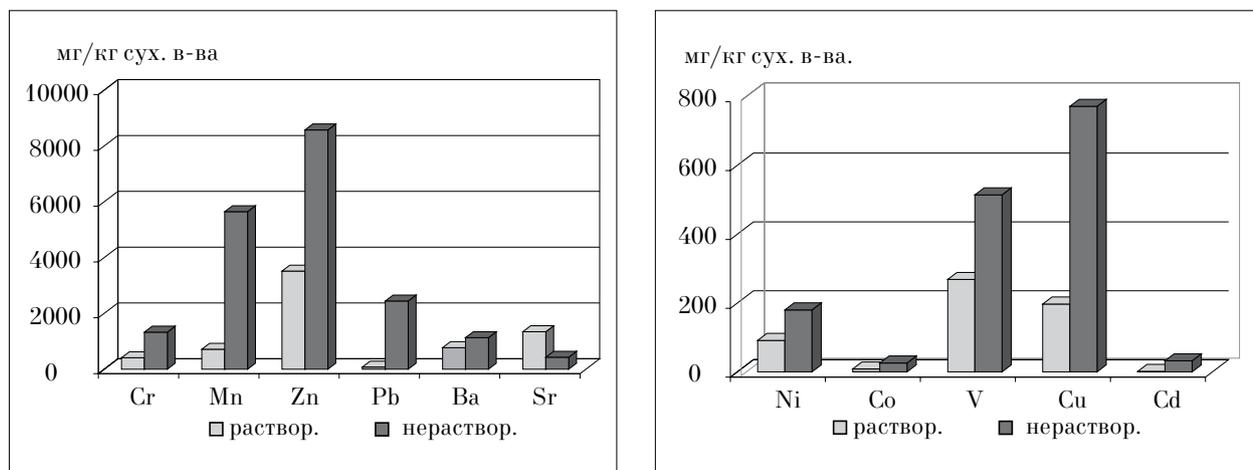


Рис. 2. Содержание элементов в растворимой и нерастворимой фракциях снежного покрова заповедника «Басеги», 2005 г.

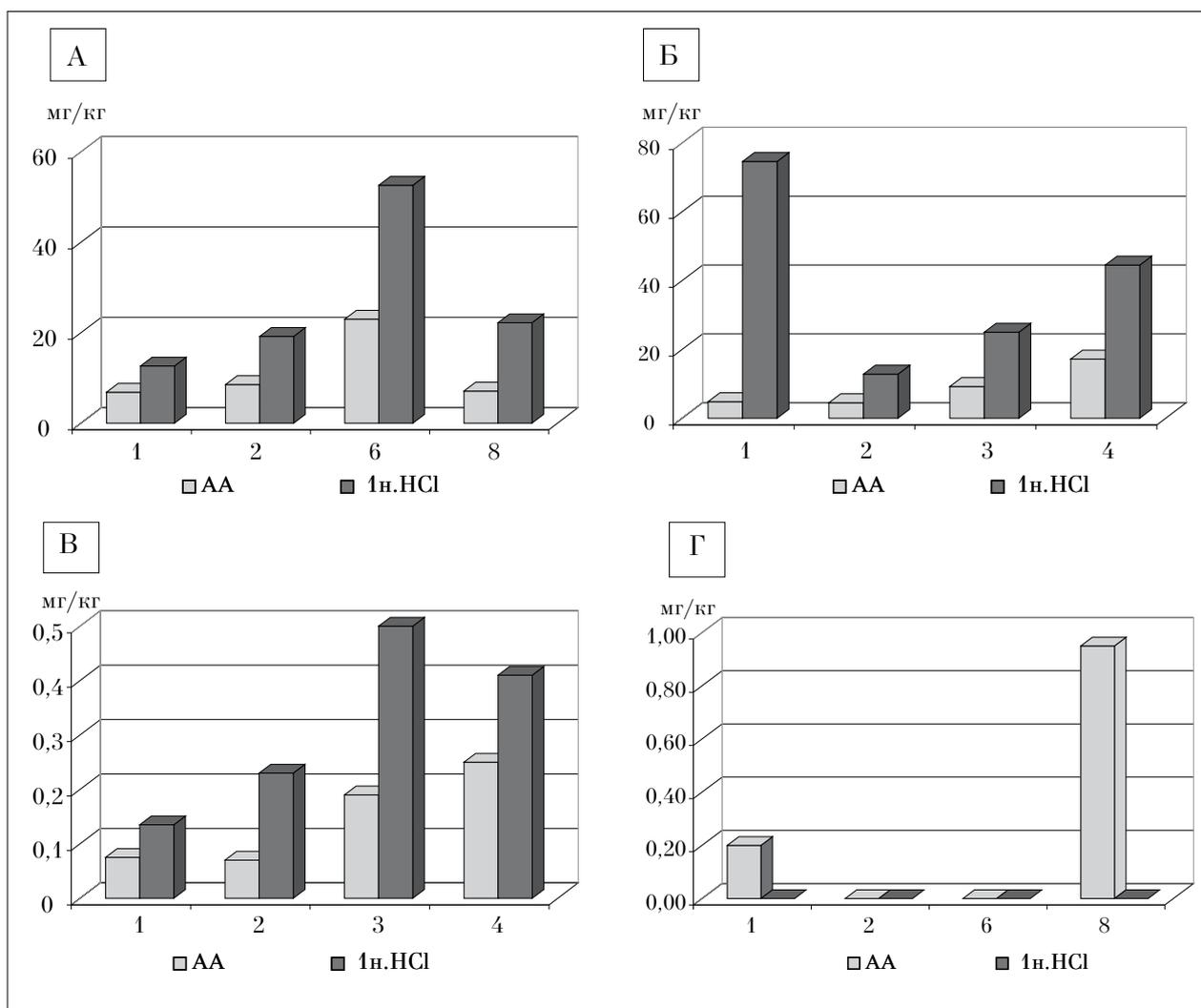


Рис. 3. Содержание подвижных (AA буфер, pH 4,8) и кислоторастворимых (1н НCl) форм свинца (А), цинка (Б), кадмия (В) и хрома (Г) в почвах заповедника «Басеги»

склоне г. Северный Басег. По отдельным элементам превышение фонового уровня установлено в 2,0–9,2 раза; максимальные значения Кс для никеля – 9,2, кобальта, хрома и цинка (7,9 – 4,6), меди – 3,8. Снежный покров склонов г. Южный Басег загрязнён ТМ в меньшей степени. Коэффициенты концентрации кобальта, хрома, никеля находятся в пределах 1,4 – 4,0. Однако для элементов ванадия, свинец и кадмий отмечены максимальные значения Кс (4,1, 3,7 и 2,3 соответственно).

Важным индикатором загрязнённости атмосферных выпадений является соотношение растворимых и нерастворимых форм элементов в снежном покрове [6 – 9]. На относительно удалённых и чистых территориях в составе атмосферных выпадений преобладают растворимые формы ТМ, а вблизи источников выбросов увеличивается доля нерастворимых соединений.

Проведённый анализ этих форм ТМ в снежном покрове заповедника «Басеги» (рис. 2) показал, что поступление элементов на территорию заповедника из снега происходит в основном в виде нерастворимых соединений (пыли). В валовом объёме ТМ, накапливающихся в плотном остатке снеговых вод, 77% приходится на твёрдую фракцию. Наибольшие концентрации в нерастворимой форме имеют цинк, марганец и свинец, а в растворимой – цинк. Такое соотношение элементов в большей степени характерно для снежного покрова загрязнённых городских ландшафтов крупных промышленных центров [8], чем для заповедных.

Изучение химического состава лесной подстилки на площадках исследования позволило установить схожие различия в концентрациях ТМ. Для заповедника «Вишерский» содержание почти всех рассматриваемых ТМ соответствует кларку пород, а лесная подстилка заповедника «Басеги» аккумулирует их в повышенных концентрациях (табл. 2).

Оценка содержания подвижных форм ряда ТМ в органо-минеральном горизонте почв (рис. 3) показала, что в почве заповедника «Басеги» присутствует достаточно большое количество легкорастворимых соединений металлов, доступных для поглощения их растениями, которые составляют до 50–70% от их валовых концентраций. При этом свинец, цинк и кадмий, содержащиеся в органо-минеральном горизонте почв, находятся преимущественно в менее подвижной кислоторастворимой форме, а хром – в виде легкоподвижных соединений. В южной части заповед-

ника содержание в почвах легкоподвижных форм доступных для растений выше.

Высокую степень нахождения ТМ в растительности заповедных ландшафтов подтверждают коэффициенты биологического поглощения (Кб) (табл. 3). Пониженные значения коэффициента отмечены для заповедника «Вишерский». Анализ коэффициентов биологического поглощения лиственных и хвойных пород показал слабую дифференциацию между природными комплексами г. Северный Басег и заповедника «Вишерский». Для них характерно энергичное биологическое поглощение марганца, цинка, стронция, бария, меди, что подчёркивает катионофильный характер биогеохимической специализации растений горно-таёжных ландшафтов. Вероятно, высокие валовые концентрации цинка и марганца в снежном покрове существенно не влияют на биогеохимические параметры комплексов Северного Басега.

На склонах г. Южный Басег происходит изменение состава ассоциации наиболее биологически активных ТМ и увеличиваются видовые различия в накоплении элементов. В листьях берёзы возрастает степень накопления цинка, марганца, стронция и бария. Для хвойных деревьев снижается в 2–3 раза поглощение марганца и бария. Для всех древесных пород растёт биологическое поглощение техногенных элементов: свинца – в 2 раза, ванадия – в 1,5–2 раза, хрома – в 14 раз, кадмия – в десятки раз.

Заключение

Несмотря на относительную удалённость от промышленных центров и заповедный режим, природные комплексы заповедника «Басеги» (по сравнению с незагрязнёнными комплексами заповедника «Вишерский») испытывают интенсивное аэральное воздействие, связанное с региональным переносом загрязнителей и аккумуляцией их в почвенно-растительных субстратах.

Геохимическим индикатором загрязнения горно-таёжных ландшафтов является снежный покров. Степень накопления элементов в снеге и их спектр зависят от экспозиции склонов горных хребтов и положения относительно основных направлений регионального переноса загрязнителей. Наибольшее загрязнение снежного покрова ТМ отмечается на западном склоне г. Северный Басег, где высокие концентрации выявлены для элементов никель – кобальт – хром – цинк – медь.

Таблица 3

Ряды коэффициентов биологического поглощения в горно-таёжных ландшафтах

№ площадки, местоположение пробы	Субстрат	Коэффициент биологического поглощения					
		> 20	10-20	5-10	1,0-5	0,1-1,0	<0,1
Заповедник «Вишерский»*	Хвоя ели, пихты	Mn ₃₀ , Zn ₃₀ , Sr ₂₈	Cu ₁₁	Ba ₇ , Ni ₆	Co _{4,3} , Pb _{1,3}	V _{0,5} , Cr _{0,3}	Cd, Mo
	Лист берёзы	Zn ₃₉ , Mn ₃₆ , Sr ₃₀ , Ba ₂₂	Cu ₁₃ , Ni ₁₂		Mo _{3,6} , Co _{2,9}	V _{0,7} , Pb _{0,7} , Cr _{0,5}	Cd
1. Зап. склон г. Северный Басег	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 берёзы	Zn ₈₀ , Mn ₄₄ , Sr ₃₅ , Mo ₂₈ , Ba ₂₁	Ni ₁₄ , Cu ₁₁		Co _{4,4} , Pb _{2,4} , V ₂ , Cr ₁		
2. Вост. склон г. Северный Басег	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 берёзы	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}	
6. Вост. склон г. Южный Басег	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}	Cd
	Лист берёзы	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. Зап. склон г. Южный Басег	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 берёзы	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}		

Примечание: * – среднее значение для заповедника «Вишерский».

В южной части заповедника поступление загрязнителей из Свердловской области и Пермского края формирует следующую ассоциацию элементов: ванадий – свинец – кадмий.

Аэральные потоки ТМ приводят к трансформации основных биогеохимических параметров горно-таёжных экосистем – лесной подстилки, почв, древесных растений. Процессы загрязнения способствуют увеличению в лесной подстилке подвижных соединений ТМ, что отражается на повышении биологической активности некоторых технофильных элементов (свинца, кадмия, хрома, ванадия) и приводит к снижению у хвойных деревьев интенсивности поглощения жизненно важных биогенных элементов (марганца, бария и некоторых др.).

Установленные повышенные концентрации ряда токсичных элементов в заповедных экосистемах могут вызвать развитие деструктивных процессов в их природном функционировании и привести к дальнейшей трансформации биогеохимических параметров у живых организмов.

Литература

1. Heavy Metals: Transboundary Pollution of the Environment. I.Ilyin, O.Travnikov, W.Aas / EMEP Status Report 2/2006.
2. Воробейчик Е.Л., Давыдова Ю.А., Кайгородова Ф.Ю., Мухачева С.В. Исследование мелких млекопитающих Висимского заповедника: вклад в популяционную экотоксикологию // Экологические исследования в Висимском биосферном заповеднике: Матер. науч. конф. Екатеринбург. 2006. С. 108–129.
3. Вострокнутов Г.А. Временное методическое руководство по проведению геохимических исследований при геоэкологических работах. Екатеринбург: Уралгеология, 1991. 137 с.
4. Глазовский Н.Ф., Злобина А.И., Учватов В.П. Химический состав снежного покрова некоторых районов Верхнеокского бассейна. Пушино. 1978. 28 с.
5. Максимович Н.Г., Ворончихина Е.А., Хайрулина Е.А., Жекин А.В. Техногенные биогеохимические процессы в Пермском крае // Геориск. 2010. № 2. С. 38–45.
6. Геохимия окружающей среды. М: Недра, 1990. 335 с.

7. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М. 1992. 54 с.

8. Касимов Н.С. Эколого-геохимические оценки состояния городов // Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 336 с.

9. Павленко И.А., Батоян В.В., Кучумова Н.А. Выявление зон промышленного загрязнения по исследованию снежного покрова // Техногенный пото-

ки вещества и состояния экосистем. М.: Наука, 1984. С. 193–210.

Настоящая работа была подготовлена при поддержке гранта РФФИ 10-05-96017 р_урал_а «Теоретические основы создания искусственных геохимических барьеров для защиты окружающей среды при освоении природных ресурсов Западного Урала».

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ОСВОЕНИЕ СЕВЕРА
И ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОВОССТАНОВЛЕНИЯ»

24–26 мая 2011 г.
Сыктывкар

Основные направления работы конференции:

- Устойчивость экосистем Севера и их трансформация под воздействием техногенного фактора
- Природопользование и природовосстановление нарушенных территорий на Севере (приемы и методы)
- Охрана биоресурсов и традиционные формы хозяйства на Севере
- Микробиологические методы очистки нефтезагрязненных земель
- Формирование посттехногенных экосистем и восстановление биологического разнообразия на посттехногенных территориях
- Экологическое картографирование
- Социальные и эколого-экономические аспекты природопользования и природовосстановления

Контактные адреса Оргкомитета:
167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
e-mail: panjukov@ib.komisc.ru
<http://www.ib.komisc.ru/add/j2/index.php>