

НАКОПЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В БАШКИРСКОМ ЗАУРАЛЬЕ

©2011 А.Н. Кутлиахметов¹, А.А. Кулагин²

¹ ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет», г. Уфа

² Институт биологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа

Поступила 27.06.2011

Установлено, что наибольшее количество металлов аккумулируется в листьях, а наименьшее - в корнях березы. В побегах и древесине сосны количество металлов одинаково и превосходит содержание металлов в хвое на 30%. Суммарное содержание металлов в растениях превосходит аналогичный показатель для почв под насаждениями, но наибольшее количество металлов аккумулируется в хорошо развитой лесной подстилке.

Ключевые слова: геохимия ландшафта, древесная растительность, накопление металлов.

Развитие промышленного производства в XX в. привело к формированию антропогенно трансформированных территорий, восстановление которых в XXI в. становится приоритетной задачей. Образование значительных объемов высокотоксичных отходов промышленного производства обусловили первичное и вторичное загрязнение обширных территорий, включая городские земли и сельскохозяйственные угодья.

Таким образом, ограничение миграции токсиантов в окружающей среде является необходимым условием обеспечения комплексной экологической безопасности населения и устойчивого развития. Общеизвестно, что древесная растительность способна аккумулировать значительные количества экотоксикантов, при этом сохраняя энергию роста и долговечность при этом выполняя комплекс санитарно-гигиенических и эстетических функций. Особую актуальность приобретает данное направление оздоровления окружающей среды в тех регионах, где сформирован специфический геохимический фон, характеризующийся высоким фоновым содержанием металлов [1-3].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Особенности накопления тяжелых металлов (ТМ) в наземных экосистемах зависят от целого ряда условий, но в большей степени от состояния почвенного и растительного покрова, а также от интенсивности техногенной нагрузки. Следует отметить, что почва аккумулирует значительные количества металлов и в свою очередь может стать вторичным источником загрязнения приземного слоя атмосферы, природных вод, продукции растениеводства и животноводства [4].

Почвенный покров, представляющий собой сложную многофазную гетерогенную среду, обладает высокой буферной емкостью, что является важнейшим условием определяющим необходимость анализа содержания ТМ.

Благодаря способности связывать экотоксиканты почвенный покров снижает их подвижность и уменьшает их поступление в растения, животные и человека, как последнего компонента пищевой цепи. Нами выбран подход, который базируется на определении разницы концентрации ТМ в почвах и растениях зоны техногенного воздействия [2].

Изучали содержание ряда металлов в растениях березы повислой (*Betula pendula* Roth) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих на промышленных отвалах вблизи г. Сибай и подверженных загрязнению со стороны СФ УГОК. Всего в процессе полевых работ взято более 1000 объединенных проб почвы и растений. Отбор и подготовку образцов к анализу осуществляли по общепринятым методикам [5].

Для анализа содержания отдельных элементов отобранные образцы высушивали до воздушно-сухого состояния, затем готовили навески (по 2,0 г). Содержание элементов определяли в аналитической лаборатории Института геологии РАН (г. Москва) методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой – ICP-MS (PLASMA QUAD PQ2-TURBO PLUS, USA). Содержание отдельных элементов выражалось как массовая доля примесей – в частях на миллион (ppm). Фактический материал отбирали с 2000 по 2010 гг. Все измерения проводили не менее чем в 10 повторностях. Математическую обработку полученных данных производили с помощью статистического пакета Microsoft Excel 2000. В таблицах представлены средние арифметические данные и ошибки среднего значения за все годы исследований [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Растения березы бородавчатой и сосны обыкновенной отличаются высокой эврибионтностью и успешно развиваются на техногенно трансформированных участках.

Необходимо отметить, что развитие в различных условиях наносит серьезный отпечаток на характер формирования насаждений. Так, при произрастании на отвалах СФ УГОК береза бородавчатая, наряду с сосной обыкновенной, входит в число пионерных видов древесной растительности и ос-

Кутлиахметов Азат Нуриахметович, канд. геогр. наук, e-mail: eco-centr@mail.ru; Кулагин Андрей Алексеевич, докт. биол. наук, e-mail: kulagin-aa@mail.ru

ваивает свободные территории, образуя при этом разновозрастные насаждения. Количество стволов березы бородавчатой может достигать 3000 шт/га, при этом очевидным является факт выполнения растениями березы бородавчатой средостабилизи-

рующих функций в техногенных ландшафтах. Результаты анализа некоторых металлов, содержание которых в органах растений характеризуется как наибольшее, представлено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Содержание техногенных элементов в органах березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.) при произрастании на отвалах медно-колчеданного месторождения в г. Сибай

Элементы (ppm)	Наименования образцов для анализов				ПДК (по валовым формам)
	Ассимиляционные органы (листья)	Смешанные образцы побегов и коры	Корни	Грунт под насаждением (валовое содержание)	
Cu	11,5±1,1	5,4±0,3	7,4±0,8	83,8±2,9	23
Zn	86,5±5,8	84,3±7,5	81,9±6,4	98,8±3,6	85
Cd	0,1±0,02	0,12±0,01	0,15±0,05	0,48±0,07	1,5
Итого:	97,1	89,82	89,45	183,08	109,5

Таблица 2. Содержание техногенных элементов (ppm) в органах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) при произрастании на отвалах медно-колчеданного месторождения в г. Сибай

Элементы (ppm)	Наименования образцов для анализов				ПДК (по валовым формам)
	Ассимиляционные органы (хвоя)	Смешанные образцы побегов и коры	Корни	Грунт под насаждением (валовое содержание)	
Cu	9,5±1,4	11,4±2,1	4,7±0,6	83,8±2,9	23
Zn	56,6±3,8	81,1±9,2	85,8±7,4	98,8±3,6	85
Cd	0,13±0,02	0,34±0,05	0,47±0,07	0,48±0,07	1,5
Итого:	66,23	92,84	90,97	183,08	109,5

Содержание цинка в растениях березы бородавчатой при произрастании на отвалах СФ УГОК колеблется в пределах 81,9-86,5 ppm. Достоверных различий между показателями аккумуляции цинка в различных органах установлено не было. По сравнению с цинком в растениях березы накапливается гораздо меньшее количество меди. Максимум меди концентрируется в листьях березы (11,5 ppm), чуть меньше – в корневой системе (7,4 ppm), а минимальное количество – в древесине и коре (5,4 ppm). Результаты анализов показывают, что содержание кадмия в растениях подчиняется закономерности: корни > древесина и кора > листья, чего нельзя сказать о цинке и меди. Характеризуя суммарное содержание ТМ в растениях, необходимо отметить, что наибольшее их количество содержится в листьях и несколько меньшее в корнях, коре и побегах.

Хвоя сосны обыкновенной содержит 66,23 ppm ТМ, являющихся основными загрязнителями окружающей среды в СФ УГОК. Основную долю среди исследуемых металлов в хвое занимает цинк, количество которого составляет 56,6 ppm. В наименьшей степени в аккумулируется кадмий, концентрация которого в хвое не превышает 0,15 ppm. При этом содержание меди в хвое сосны составляет 9,5 ppm. Наибольшее количество исследуемых металлов концентрируется в многолетних частях растений. Так, в побегах и коре в наибольшем количе-

стве накапливается медь (11,4 ppm), при этом корневая система аккумулирует цинк (85,8 ppm) и кадмий (0,47 ppm) в количестве, несколько превосходящем кору и побеги – 81,1 и 0,34 ppm соответственно.

Отвальные грунты содержат значительное количество ТМ, несмотря на биоаккумулятивные свойства древесных растений. Поскольку процесс самозаращения отвалов СФ УГОК идет очень низкими темпами и отвальные грунты под насаждениями по своей структуре мало отличаются от необлесенной части отвалов, то сравнение содержания металлов приведено относительно ПДК для соответствующих элементов. Так, установлено, что наибольшее превышение наблюдается в случае с медью, содержание которой в отвальных грунтах составляет 83,8 ppm при ПДК равном 23 ppm. Валовое содержание цинка в отвальных почвогрунтах приближается к 100 ppm. Несмотря на высокое содержание металла в почвогрунтах его превышение над ПДК значительно меньше по сравнению с медью и составляет 13,8 ppm. Содержание кадмия в отвальных грунтах за биоаккумулятивных свойств растений в 3 раза меньше относительно ПДК, составляющего для этого металла 1,5 ppm.

Исследования биоаккумулятивных возможностей растений березы бородавчатой в техногенных ландшафтах позволяют сделать заключение о том, что в наибольшей степени металлы аккумулируют-

ся в листьях на отвалах СФ УГОК – 97,1 ppm. Наименьшими способностями к биоаккумуляции у растений березы характеризуются корни – на отвалах СФ УГОК (89,45 ppm). Показано, что при развитии растений на отвалах СФ УГОК металлы распределены в различных органах равномерно, о чем свидетельствует незначительная разница между максимальными и минимальными показателями содержания металлов.

Накопление техногенных металлов сосной обыкновенной на отвалах СФ УГОК характеризуется равномерным распределением металлов в побегах и коре при снижении их содержания в хвое на 30% относительно одревесневших органов.

Суммарное содержание металлов в растениях превосходит аналогичный показатель для почв под насаждениями, но наибольшее количество метал-

лов аккумулируется в хорошо развитой лесной подстилке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сергейчик С.А.* Устойчивость древесных растений в техногенной среде. Минск: Наука и техника, 1994. 280 с.
2. *Добровольский В.В.* Ландшафтно- геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639-645.
3. *Кулагин А.А., Шагиева Ю.А.* Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М.: Наука, 2005. 190 с.
4. *Коришков И.И.* Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. Киев: Наукова думка, 1996. 235 с.
5. *Сукачев В.Н.* Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1966. 333 с.
6. *Плохинский Н.А.* Биометрия. М.: Изд. МГУ, 1970. 367 с.

ACCUMULATION OF METALS BY FOREST TREES IN THE EAST PART OF BASHKORTOSTAN

©2011 A.N. Kutliakhmetov¹, A.A. Kulagin²

¹ Bashkir State University, Ufa

² Institute of Biology, Ufa Sci. Centre of RAS, Ufa

It is established that the greatest quantity of metals accumulates in leaves, and the least in birch roots. In runaways and wood of a pine the quantity of metals equally also surpasses the maintenance of metals in needles on 30%. The total maintenance of metals in plants surpasses a similar indicator for soils under plantings, but the greatest quantity of metals accumulates in well developed wood laying.

Key words: *landscape geochemistry, wood plants, accumulation of metals.*