УДК 582.477:57.046

Аккумуляция химических элементов хвоей *Thuja occidentalis L.* в урбоэкосистеме

А.В. Иванова
Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Предоставлены результаты исследования накопления тяжёлых металлов и других токсических элементов в хвое Thuja occidentalis L. и почве, на которой они произрастают в селитебной и промышленной зоне. Проведена оценка способности аккумулировать растениями элементы.

Из 40-ка определяемых элементов отсутствуют 14-ть. Выявлены металлы, которые отсутствовали в почве, но содержались в хвое. Установлены химические элементы, которые при накоплении в почве не аккумулируются в побегах растения.

Thuja occidentalis L. может выступать индикатором ряда исследуемых металлов и других элементов, так как способна их аккумулировать в хвое. Полученные результаты могут быть использованы в практических целях зелёного строительства для улучшения экологических условий города и прогнозирования фитопатологического состояния хвойных растений.

Ключевые слова: *Thuja occidentalis L., тяжёлые металлы, макроэлементы, микроэлементы, почва.*

Accumulation of chemical elements by needles of *Thuja occidentalis L.* in urban ecosystem

Ivanova A.V.
Vitebsk State Masherov University

Findings of the research on the accumulation of heavy metals and other toxic elements in the needles of Thuja occidentalis L. and soil on which they grow in residential and industrial areas are presented. The estimation of the ability of plants to accumulate elements is assessed.

14 elements are missing out of the 40 definable ones. Metals which were absent in soil have been revealed, but they have been found in needles. Chemical elements, which are not accumulated in plant sprouts being accumulated in soil, have been found out.

Thuja occidentalis L. can be an indicator of a number of investigated metals and other elements because it is able to accumulate them in needles. The received results can be used in the practical applications of green building for the improvement of the ecological conditions of a city and in the forecasting of phytopathological state of conifers.

Keywords: *Thuja occidentalis L., heavy metals, macro element, trace element, soil.*

Зелёные насаждения – неотъемлемая часть городского ландшафта. Средообразующая, санитарно-гигиеническая и декоративная функции в условиях современного города приобретают особую важность. Вместе с тем растения в городе являются и чувствительным индикатором качества состояния урбоэкосистемы, что придаёт им, как объекту экологического мониторинга, особый статус.

Для городской среды тяжелые металлы являются одним из наиболее широко представленных классов токсичных веществ [1]. Поэтому динамика и аккумуляция тяжелых металлов в экосистемах должны быть предметом особого внимания специалистов.

Для Витебской области характерно наличие крупных производственных объектов – источников выбросов загрязняющих веществ. Основные объемы приходятся на выбросы Новополоцкого промышленного узла, представленного предприятиями теплоэнергетики, а также химической и нефтехимической промышленности. В городах одним из основных загрязнителей являются тяжелые металлы. [2] **Целью** нашего исследования является определение способности *Thuja occidentalis L.* аккумулировать макро- и микроэлементы из почвы.

Репозиторий ВГУ

Материалы и методы. Объектами исследования являются почва и хвоя *Thuja occidentalis L.*

Для образцов отбиралась хвоя одновозрастных особей *Thuja occidentalis L,* произрастающих на трёх площадках возле ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк): возле филиала бака, части МЧС, возле столовой. В г. Витебске исследуемые площадки, на которых культивируются растения, располагаются в микрорайоне Лучёса, возле ВГУ им. П.М. Машерова (далее ВГУ), возле здания администрации Первомайского района г. Витебска (далее АП).

Образцы почв отбирались в местах произрастания *Thuja occidentalis L.* Отбор почв производился из верхнего горизонта почвы до глубины 10…15 см.

Химико-аналитическая обработка отобранных образцов производилась в Центральной лаборатории РУП «Белгеология». Для определения содержания тяжёлых металлов использовался атомно-эмиссионный спектральный анализ по стандартным методикам [3, 4, 5]. Подвижный фосфор определялся фотоколориметрией по методу Кирсанова [6].

Количество определяемых элементов – 40, относящихся к загрязнителям городской среды.

Результаты и их обсуждение. Основными источниками эмиссии металлов являются промышленное производство, автотранспорт, твёрдые и жидкие отходы. Тяжёлые металлы довольно быстро накапливаются в почве и крайне медленно выводятся из неё при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Концентрации металлов в почвах определяются главным образом характером почвогрунтов и морфологическими особенностями территории, влияющих на процессы их латеральной и радиальной миграции и аккумуляции [7].

Почвы. Оценка содержания элементов в почвах площадок, на которых культивируется *Thuja occidentalis L.,* показала накопление кобальта, ванадия, титана, хрома, свинца, молибдена, циркония, ниобия, меди, серебра, цинка, гелия, иттербия, иттрия, висмута, галлия, скандия, олова, бора. (Таблица)

Содержание элементов в почве и в хвое *Thuja occidentalis L.,* произрастающей в разных экологических зонах, мг/кг

Металл	кл	Образцы	Б	МЧС	С	Л	ВГУ	АП	80	90	90 (Б)
Ni	II	п	30	20	10	20	10	10	29	11,8	20
		х	0	0	0	0	0	0			
Co	II	п	1	1	1	1	1	1	4,4	5,6	6
		х	0	0	0	0	0	0			
V	III	п	70	70	50	50	50	50	14	32,3	34
		х	0	0	0	0	0	0			
Mn	III	п	700	300	300	1000	300	500	600	390	247
		х	700	500	700	3000	700	700			
Ti		п	700	700	1000	700	1000	700	4200	1345	10
		х	700	700	1000	100	1000	700			
Cr	II	п	70	50	20	30	50	50	18,5	26,1	36
		х	10	0	0	0	0	10			
Pb	I	п	20	10	10	10	20	20	16,5	17	11,8
		х	10	7	10	5	10	7			
Mo	II	п	1	<1	1	<1	<1	<1	в	в	а
		х	<1	<1	<1	<1	<1	1			
W	III	п	3	0	0	0	0	0	в	в	б
		х	0	0	0	0	0	0			
Zr		п	10	10	15	10	10	10	122	287	336
		х	50	70	100	70	100	50			

Репозиторий ВГУ

Nb		п	3	3	3	3	3	3	5	14	11,7
		х	0	0	0	0	0	0			
Cu	II	п	20	20	10	15	15	20	16	14	13
		х	10	10	10	30	30	20			
Ag		п	<1	<1	0	0	0	<1	в	в	1,2
		х	0	0	0	0	0	0			
Zn	I	п	100	30	30	30	30	50	в	в	35
		х	0	0	0	100	0	0			
Ge		п	<1	1	<1	<1	1	1	в	в	в
		х	0	0	0	0	0	0			
Yb		п	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,4	1,8	2,2
		х	0	0	0	0	0	0			
Y		п	<10	<10	<10	<10	<10	<10	15	10,5	23
		х	0	0	0	0	0	0			
Bi		п	3	1	<1	1	<1	<1	в	в	в
		х	1	<1	2	<1	1	<1			
Be		п	0	0	0	0	0	0	в	в	1,5
		х	1	1	1	1	1	1			
Ga		п	1	<1	1	1	1	1	4,5	5,5	в
		х	0	0	0	0	0	0			
Sc		п	<10	<10	<10	<10	<10	<10	в	в	8,3
		х	10	10	10	10	10	20			
Sn		п	1	2	1	1	2	5	в	в	а
		х	0	0	0	0	0	0			
P		п	300	200	200	300	300	300	в	в	в
		х	3000	3000	1000	3000	3000	3000			
Sr	III	п	0	0	0	0	0	0	в	в	200
		х	300	300	300	200	500	200			
Ba	III	п	0	0	0	0	0	0	250	400	370
		х	<300	<300	<300	<300	<300	<300			
B		п	50	50	50	50	50	50	в	в	в
		х	50	50	50	70	50	70			

Примечания: 1) *Thuja occidentalis L.*, произрастающая возле части **МЧС**, филиала банка – **Б**, столовой – **С**, в микрорайоне Лучёса – **Л.** Образцы почвы – **п**, хвои – **х**.
2) Содержание металлов в почве в начале 80-х и в начале 90-х годов в г. Витебске – соответственно **80, 90**. Среднее значение содержания микроэлементов в почвах Беларуси в 1992 году – **90 (Б)**.
3) Класс опасности – **кл**. Ед. встречаются – **а**, ниже чувствительности метода – **б**, не вычислено – **в**.

Единого значения ПДК загрязняющих веществ для почв различных типов не существует. В настоящее время предложена шкала экологического нормирования тяжелых металлов с учетом генетического типа почв. Шкала экологического нормирования тяжелых металлов (мг/кг) для геохимической ассоциации почв со слабокислой и кислой реакцией (по А.И.Обухову, Л.Л.Ефремовой) [8].

Репозиторий ВГУ

На основании шкалы можно судить о градации содержания некоторых металлов в почве. *Медь* – среднее содержание. *Свинец* – среднее. *Цинк* - низкое возле ВГУ и на 3-ей площадке ОАО «Нафтан»; среднее в Лучёсе, Марковщине и 2-ая площадка ОАО «Нафтан»; повышенное на 3-ей площадке ОАО «Нафтан».

По сравнению со средним содержанием микроэлементов (мг/кг) в почвах Беларуси с 1992 годом [8] в 2007 году отмечены изменения. Для цинка региональный фоновый уровень в Беларуси в 90-х годах составляет 35 мг/кг [9] Исходя из санитарных норм допустимых концентраций химических веществ в почве [8] можно отметить следующие закономерности содержания элементов.

Накопление *никеля* на площадках ВГУ (10 мк/кг) и АП (10 мг/кг) выше значений 90-х и ниже 80-х по г. Витебску. По сравнению со средним показателем по Беларуси содержание металла в почве не превышает (Таблица).

Содержание таких элементов, как к*обальт, цирконий, ниобий, иттербий, иттрий, бериллий, галлий, стронций, барий, серебро п*о полученным нами результатам, приведённых в таблице можно отметить то, что значения по г. Витебску являются меньшими, чем в предыдущие годы в городе и по республике.

Полученные результаты по содержанию *ванадия, хрома, скандия* выше, чем в 80-е и 90-е гг. по Витебску и в среднем по Беларуси.

Значения *марганца* выше в Лучёсе и возле АП (500 мг/кг), и меньше возле ВГУ (300 мг/кг) по сравнению со значениями 90-х, но больше в сравнении со средними данными по Беларуси. В Лучёсе в настоящее время значение (1000 мг/кг) превышает все показатели 90-х и 80-х гг.

Прослеживается динамика снижения накопления *титана* в г. Витебске, но выше в сравнении со средними данными по Беларуси.

В отличие от 80-х и 90-х гг. по г. Витебску и по Беларуси *свинец* не превышает концентрации на таких площадках, как Лучёса и две площадки возле ОАО «Нафтан» (10 мг/кг). То есть – это места с небольшой нагрузкой автотранспорта. Однако, значения в настоящее время превышают показания (20 мг/кг) прошлых лет на одной из площадок ОАО «Нафтан» и возле ВГУ и АП, где отмечается постоянное загрязнение от не стационарных источников.

В Лучёсе и возле ВГУ концентрация *меди* (15 мг/кг) меньше 80-х гг., но больше 90-х гг. А возле АП - 20 мг/кг, что превышает содержание в почве в 80-х и 90-х гг.

По сравнению с г. Витебском на ОАО «Нафтан» можно отметить некоторые закономерности (Таблица). Отмечается *большее* накопление никеля (10…30 мг/кг), ванадия (50…70 мг/кг), вольфрама (0…3 мг/кг), циркония (10…15 мг/кг), меди (20…10 мг/кг), серебра (0…<1 мг/кг), цинка (<30…100 мг/кг), висмута (<1…3 мг/кг), молибдена (<1…1 мг/кг). *Меньшее* значение концентрации марганца (300…700 мг/кг) свинца (10…20мг/кг), германия (<1…1 мг/кг), галлия (<1…1 мг/кг), олова (<1…2), фосфора (200…300 мг/кг). *Нет отличий* содержания в почве таких элементов, как кобальт (1мг/кг), титан (700…1000мг/кг), ниобий (<3 мг/кг), иттербий (<1 мг/кг), иттрий (<10 мг/кг), скандий (<10 мг/кг), бор (50 мг/кг).

Растения. В ряду Ni – Co – Cr – Cu – Cr – Zn – Mo происходит ослабление токсичности металлов слева направо. Хром отсутствует в листьях большинства растений, так как в основном аккумулируется в корнях. Медь играет существенную роль в метаболизме растений наряду с Zn, Mn, Fe, B, Mo. Концентрация менее чем 4 мкг/г считается недостаточной для нормального развития растения, а более – токсичной. Подавляется рост, отмечается хлороз. Концентрации от 30 до 100 мкг/г являются токсичными. Марганец – умеренно токсичный тяжёлый металл и переносится растениями в дозах более 200 мкг/г. Токсичное действие на растения оказывает двухвалентный марганец при высоких его концентрациях в почве, особенно при повышенной их кислотности с последующим возникновением анаэробных условий. [10] Никель широко распространён в растительном мире. Существуют растения – аккумуляторы никеля. Однако его роль в жизнедеятельности растений полностью не установлена. Токсичность никеля для растений проявляется чаще всего на кислых почвах [11]. Такой элемент, как стронций, выявлен у некоторых растений в г. Новополоцке: дёрна, винограда девичьего и туи западной. В исследованиях И.М. Гарановича (2007), по г. Новополоцку было отмечено, что больше марганца накапливается в листьях растений в центре города, чем в предзаводской зоне [12]. По О.В. Лукашёву (2003, 2006) установлено содержание микроэлементов в хвое *Picea abies Karst.* Национального парка «Браславские озёра» [13]. Была установлена низкая концентрация Mn в городских насаждений в 14,7 раза меньше, чем в Национальном парке [14].

Репозиторий ВГУ

В наших исследованиях концентрация марганца (Таблица) больше в г. Витебске на площадке удалённой от интенсивного загрязнения автотранспортом и производством. Можно предположить, что наибольшее его накопление в почве и хвое происходит в местах с меньшей техногенной нагрузкой.

Такие элементы, как *индий, уран, гафний, тантал, лантан, мышьяк, сурьма, ртуть, литий, рений, кадмий, церий* отсутствовали в почве и в хвое.

Никель, кобальт, ванадий, ниобий, серебро, германий, иттербий, иттрий, галлий, олово были обнаружены в почве, но отсутствовали в хвое растений.

В хвое *Thuja occidentalis L.* по установленными нами значениям концентрации больше всего накапливается *цирконий, скандий, фосфор*, а так же *марганец, титан, свинец, молибден, цирконий, висмут, скандий, бор, фосфор*. По сравнению с вышеуказанными элементами накапливается хуже свинец.

По максимальному содержанию выделяется элемент фосфор (1000…3000 мг/кг). Это один из основных макроэлементов питания растений.

Из всего перечня определяемых элементов, большее негативное влияние на здоровье человека оказывает свинец. *Thuja occidentalis L.* способна аккумулировать в хвое данный металл. Однако, концентрация в почве (10…20 мг/кг) выше концентрации в хвое (5…10 мг/кг).

Заключение. Из 40 элементов не установлено накопление в почве и хвое Hf, Ta, La, U, Th, Tl, In, Ce, Cd, As, Sb, Hg, Li, Re. Такие металлы, как Sr, Ba не накапливаются в почве, но содержатся в хвое растений, а элементы Hf, Ta, La, U, Th, Ti, In, Ce, Cd, As, Sb, Hg, Li, Re не накапливаются в хвое при наличии их в почве.

Промышленная зона ОАО «Нафтан» характеризуется повышенным содержанием в почве Ni, V, Cr, Cu, Zn, Bi, Sc, а в г. Витебске V, Cr, Cu, Sc. Не смотря на то, что в большинстве случаев валовое содержание элементов в почве почти не коррелирует с соответствующим содержанием в растительности [13] в хвое *Thuja occidentalis L.* отмечено накопление Zr, Sc, P, а так же Mn, Ti, Pb, Mo, Zr, Bi, Sc, B, P.

Таким образом, *Thuja occidentalis L.* способна являться индикатором выявленных металлов, так как способна их аккумулировать в хвое. Это даёт возможность использовать данный вид растения на территориях с повышенным содержанием указанных элементов, где будет выступать в качестве биоконсерванта токсических веществ. Полученные результаты могут быть использованы в практических целях зелёного строительства для улучшения экологических условий города и прогнозирования фитопатологического состояния хвойных растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hsieh, D.P. Genotoxic agents in the agro-ecosystem. Chairman's comments / D.P. Hsieh // Genet.Toxicol.: Agr. Perspect. Proc. Symp., Davis, Calif., 1-5 Nov., 1981. - New York, London, 1982. - P. 117-118.
2. 13 глава. Региональные экологические проблемы // Основные экологические проблемы Беларуси. [Электронный ресурс]. -2009. – Режим доступа: http://www.minpriroda.by/dfiles/000541_246560_13.pdf - Дата доступа: 10.11.2010.
3. Реестр методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении измерений в области охраны окружающей среды: в 3 ч. Ч. 3. Почвы и донные отложения; промышленные и бытовые отходы; природные ресурсы, сырье и продукция // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь; ред. С. П. Уточкина [и др.]. - Минск: БелНИЦ "Экология", 2009. – 167 с.
4. Русанов, А.К. Основы количественного спектрального анализа / А.К. Русанов. - Москва: Недра, 1978 г. - 400 с.
5. Методы спектрального анализа / А.А. Бабушкин [и др.]; под общ. ред. А.А. Бабушкина - Москва: Московский университет, 1962. - 510 с.
6. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО / Комитет стандартизации и метеорологии СССР. – Москва: Издательство стандартов, 1992 г. – 7 с.
7. Савченко, С.В. Эколого-геохимическая оценка состояния почвенного покрова г. Минска на участках складирования снега / С.В. Савченко, Е.В. Сытник // Природные ресурсы. – 2006. - № 1. – С. 64 – 69.

Репозиторий ВГУ

8. Об утверждении требований по охране окружающей среды при рассмотрении предпроектной и проектной документации по добыче рудных и нерудных полезных ископаемых: приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 15 июля 1997 г. №162: текст по состоянию на 5 декабря 2007 года // Законодательство Беларуси. [Электронный ресурс]. – 2010. - Режим доступа: http://lawsby.narod.ru/razdelb/text1471/page2.html. - Дата доступа: 11.11.2010.
9. Петухова, Н.Н. Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси // Природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С. 40 – 49.
10. Степанов, А.М. Проблематика фоновых насаждений / А.М. Степанов // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – Москва: Наука, 1987. – С. 27 - 47.
11. Смит, У.Х. Лес и атмосфера / У.Х. Смит. – Москва: Прогресс, 1985. – 429 с.
12. Гаранович, И.М. Накопление химических элементов в листьях декоративных древесных растений г. Новополоцка / И.М. Гаранович, М.Н. Рудевич // Проблемы озеленения крупных городов: альманах / Под. общ. ред. Х.Г. Якубова. - Вып. 12. – Москва: Прима-М, 2007.- С, 140 – 142.
13. Савченко, С.В. Микроэлементный состав растительности Национального парка «Браславские озёра» / С.В. Савченко, И.К. Вадковская, О.В. Лукашёв // Природопользование. - 2003. - Вып. 9. - С. 9 – 101.
14. Лукашёв, О.В. Ретроспективная оценка загрязнения почв и растительности г. Витебска тяжёлыми металлами / О.В. Лукашёв, Н.В. Жуковская // Природные ресурсы. – 2006. - № 4. – С. 52 – 57.

Репозиторий ВГУ

Информация об авторе

Иванова Алеся Викторовна
Аспирант кафедры анатомии и физиологии УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
Дневная форма обучения, 3-й год
Дом. адрес: 210007, г. Витебск, ул. 7 Луческая, дом 41
Дом. тел.: 23-42-46
Моб. тел.: (29) 293 85 03 (МТС)
aleseya_vitebsk@mail.ru (подчёркивание пишется)

Репозиторий ВГУ