

была сделана по Zr (табл.), величина которой составляет 419 и соответствует низкому уровню загрязнения с неопасной экологической ситуацией согласно градации [4,6].

Заключение. В целом загрязнение снежного покрова в окрестностях АНПЗ можно оценить как слабое, так как значения суммарного показателя нагрузки и пылевого загрязнения соответствуют низкому уровню загрязнения. Значение СПЗ, характеризующий высокий уровень загрязнения, говорит о том, что на исследуемой территории происходит интенсивное обогащение химическими элементами. Особую экологическую опасность представляют элементы с максимальной величиной выпадения (Кр) и одновременно имеющие высокую концентрацию (КК) в твердой фракции снега – Ca, As, Sr, Ba, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Ta, Au и U.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта British Petroleum.

Литература

1. Геохимия окружающей среды. Ю.Е. Саг, Б.А. Ревич, Е.П. Янин, Р.С. Смирнова, И.Л. Башаркевич, Т.Л. Онищенко, Л.Н. Павлова, Н.Я. Трефилова, А.И. Ачкасов, С.Ш. Саркисян. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
2. Дворецкая Ю. Б. Выявление ассоциаций химических элементов в цепи «Источник загрязнения техногенный поток депонирующая среда» на примере Ачинской городской агломерации //Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика МФ Решетнева. – 2006. – №. 5. С.72-77.
3. Дворецкая Ю.Б. Геоэкологическая оценка влияния глиноземного производства на окружающую среду: на примере г. Ачинска: автореф. ... к.г.-м.н.- Томск, 2007 – 23 с
4. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы. Вестник Моск. Ун-та. Сер. 5. География. 2012. С. 14-24
5. Климацкая Л. Г. и др. Особенности микроэлементозов у сельских и городских школьников Красноярского края //Вестник Оренбургского государственного университета. Биоэлементология – 2004. – с.45-46
1. Месторождения золота // Энциклопедия Красноярского края. Режим доступа URL: <http://my.krskstate.ru/docs/minerals/zoloto/> (дата обращения 01.02.2017 г.)
2. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М.: ИМГРЭ, 2006. 7 с.
3. Шахова Т. С., Таловская А.В., Язиков Е.Г. Эколого-геохимическая оценка снежного покрова в окрестностях Павлодарского нефтехимического завода (Республика Казахстан) // Геохимия ландшафтов (к столетию А.И. Перельмана): доклады Всероссийской научной конференции, Москва, 18-20 Октября 2016. - Москва: МГУ, 2016 - С. 652-655
4. Экологическая химия: Основы и концепции: Учеб.пособие / Ф. Кортс, М. Бахадир, В. Клайн, Я.П. Лай/ – Москва: Мир, – 1996. - 395 с.
5. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. — Томск : Б.и., 2006. — 47 с

СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ РТУТИ В ХВОЕ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Е.В. Шворнева

Научный руководитель старший преподаватель Е.Е. Ляпина
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия

Высокая токсичность тяжелых металлов для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также высокая их способность к биоаккумуляции [7], требует экологического мониторинга и контроля предельно допустимых концентраций поллютантов в компонентах окружающей среды. Ртуть является одним из экотоксикантов, обладающим широким спектром негативного воздействия на живые организмы. Способна мигрировать по трофическим цепочкам водных и наземных экосистем. Митилирует с образованием высокотоксичных соединений [9].

Хвоя - практический и информативный биоиндикатор экологического состояния атмосферного воздуха. Кроме того, хвоя участвует в формировании почвенного покрова, а накопленные ее химические элементы формируют состав почвы, поверхностных и подземных вод [4, 5]. Растения способны не только накапливать ртуть до весьма высоких концентраций, но и выделять ее обратно в атмосферу в процессе дыхания [8]. При лесных пожарах в атмосферу выделяется свыше 40% ртути, иммобилизованной лесными массивами. Витаминная добавка из хвои в корм крупного рогатого скота активно используется фермерскими хозяйствами Сибирского региона. Поэтому изучение содержания ртути, как тяжелого металла и элемента первого класса опасности в хвое, является важным и необходимым с потребительской точки зрения.

Целью исследования является изучение содержания ртути в разновозрастной хвое на территориях Томской, Иркутской областей и Республики Бурятия.

Объектом данного исследования является разновозрастная хвоя деревьев: кедр сибирский (*Pinus sibirica*), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), пихты сибирской (*Abies sibirica Ledeb.*), ели сибирской (*Picea obovata*), можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis L.*) и кедрового стланика (*Pinus pumila*). Местом отбора проб

выбрана не подверженная антропогенному воздействию территория Западной (Томская область) и Восточной (Иркутская область, Республика Бурятия) Сибири. Для оценки содержания ртути образцы хвои отбирали во время вегетационного периода с 2013 (Западная Сибирь) по 2015 год (Восточная Сибирь).

Лабораторно-аналитические исследования проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с помощью ртутного газоанализатора РА-915+ с пиролитической приставкой ПИРО-915, которая позволяет проводить непосредственное определение содержания ртути в пробах на уровне 5 нг/г (погрешность не превышает 30%). Концентрацию ртути рассчитывали на 1 г сухого вещества. Методика обработки результатов включала расчет эколого-геохимических показателей: коэффициента концентрации (Кс) и временно допустимой концентрации (ВДК). Для расчета взаимосвязи концентрации ртути с метеорологическими характеристиками использовали данные по температуре и влажности воздуха в точках отбора проб хвои. Данные были получены с помощью датчиков температуры и влажности: ТЕРМОХРОН - DS1922L-F5 (термограф) и ГИГРОХРОН - DS1923-F5 (термогигрограф). Периодичность измерений - 3 часа (синхронно со стандартными сроками на метеорологических станциях). Обработку экспериментальных данных проводили с использованием табличного процессора Microsoft Excel и статического пакета Statistica 6.0.

Полученные концентрации ртути для Сибири не превышают концентраций ртути в хвое по сравнению с данными других ученых [2, 3, 6], лежат в пределах средних концентраций для хвои Канады [5] и Испании [10].

Сравнив между собой хвою разных типов деревьев пятилетнего возраста, выявили, что в Томской области наибольшие концентрации ртути отмечены в хвое пихты (24 нг/г), наименьшие – в хвое кедра (11 нг/г). В Иркутской области максимальная концентрация ртути приходится на хвою кедрового стланика (16 нг/г), минимальная – на хвою сосны (12 нг/г). В Республике Бурятия максимальное содержание ртути наблюдается в хвое можжевельника (16 нг/г), минимальное – в хвое лиственницы (8 нг/г). Абсолютные значения концентрации ртути в хвое вне зависимости от вида хвойных на территории Республики Бурятия и Иркутской области имеют близкие значения, но в 1,7 раз ниже по сравнению с Томской областью.

Содержание ртути в хвое различных пород деревьев увеличивается по мере её старения [1]. В наших исследованиях такая тенденция отмечается в двух видах хвойных – ели и можжевельника Томской области, что подтверждается коэффициентом линейного тренда. Однако, в хвое сосны, произрастающей в Республике Бурятия и Иркутской области, выявлено, что максимальная концентрация ртути устанавливается на 4-ом году произрастания, далее меняется в пределах погрешности измерений. Для хвои кедра и кедрового стланика максимальная концентрация ртути устанавливается с 3-х летнего возраста и в последующие годы значимо не меняется. На территории Томской области хвоя кедра и сосны имеет ту же тенденцию. Максимальная концентрация ртути устанавливается с 4-го года произрастания в хвое кедра, в хвое сосны – с 3-х летнего возраста и значимо не меняется.

Анализ связи накопления ртути в зависимости от места произрастания показал, что на территории Западной Сибири наблюдается слабовыраженная закономерность накопления в пределах ландшафтного профиля торфяного месторождения «Бакчарское», в Восточной Сибири (Республика Бурятия) в хвое кедра и лиственницы отмечается зависимость содержания ртути в хвое от высоты точки отбора проб над уровнем моря.

В Республике Бурятия данные расчетов показывают неоднородность связи между концентрацией ртути и метеорологическими характеристиками (температура воздуха и количество осадков). Так для сосны выявлена обратная взаимосвязь с температурой, как за вегетационный период, так и в течение всего года для большинства точек исследования, однако с высотой усиливается. Связь с осадками прямая и достаточно прочная, но не для всех точек исследования, при этом с высотой ослабевает. Хвоя кедра представлена меньшим количеством точек исследования. Однако также обнаружена обратная связь концентрации ртути в хвое с температурой, и прямая - с осадками, как в течение всего года, так и за вегетационный период.

Обработав результаты исследования, рассчитали эколого-геохимические показатели ртутной нагрузки на территории Сибири. Данные рассчитанных показателей приведены в таблице.

Таблица

Эколого-геохимические особенности ртутной нагрузки

Вид хвои	Концентрация ртути, нг/г		Кс ¹	ВДК ²
	Сmin-Сmax	Сср		
Томская область				
Пихта	9-38	24	6	3
Сосна	5-17	13	3,3	1,6
Ель	6-34	20	5	2,5
Кедр	8-34	19	4,8	2,4
Можжевельник	18-31	25	6,3	3,1
Иркутская область				
Кедровый стланик	3-13	16	4	2
Сосна	5-18	12	3	1,5
Республика Бурятия				
Сосна	2-23	11	2,8	1,4
Кедр	3-27	12	3	1,5
Лиственница	7-10	8	2	1
Можжевельник	16	16	4	2

Примечание: 1 – Кс – коэффициент концентрации: $K_c = C/C_f$; ВДК – временно допустимая концентрация: $ВДК = C/2C_f$, где С – содержание ртути в пробе, С_ф – содержание ртути на фоновом участке (4 нг/г [5]).

Все полученные концентрации ртути в пробах хвои вне зависимости от возраста и породы дерева, а также места произрастания являются фоновыми. Поэтому для расчета эколого-геохимических характеристик использовали данные для фоновых территорий, приведенных в литературных источниках [5]. Среднее содержание ртути в хвое всех исследованных пород деревьев Томской области варьирует в промежутке 13-25 нг/г, максимальное превышение над фоновой концентрацией составляет 6 раз. Временно допустимая концентрация на территории Томской области составила 1,6. На территории Иркутской области в исследованных пробах хвои среднее содержание ртути изменяется от 3 до 18 нг/г, расчетная ВДК составляет 1,5. Среднее содержание ртути в хвое деревьев Республики Бурятия, имеет пределы от 2 до 27 нг/г, максимальное превышение над фоновой концентрацией, так же как и для Иркутской области, составляет 4 раза. Временно допустимая концентрация на территории республики Бурятия составила 1,4. Таким образом, в Томской области ртутная нагрузка выше по сравнению с Иркутской областью и Республикой Бурятия в 1,5 раза.

В результате исследований содержания и геоэкологических особенностей накопления ртути в хвое на территории Сибирского региона выявлено, что концентрации Hg, соответствуют данным, полученным другими исследователями, как на территории Сибири и России, так и мира в целом. Наиболее высокие концентрации ртути отмечаются в хвое пихты, можжевельника и кедрового стланика, наименьшие – в хвое лиственницы и сосны. По мере старения хвои концентрация ртути увеличивается, достигая максимума в возрасте 3-х, 4-х лет, и далее значительно не меняется. Кроме того, отмечается уменьшение поступления элемента №80 в хвою с увеличением высоты относительно уровня моря. Расчеты взаимосвязи содержания ртути в хвое с климатическими показателями показывают неоднородность связи. Данные геоэкологических расчётов свидетельствуют о низком уровне накопления ртути хвойными на территории Сибири, что соответствует фоновым значениям.

Литература

1. Аношин Г.Н., Маликова И.Н., Ковалев С.И. и др. Ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири // Химия в интересах устойчивого развития, т. 3, № 1 - 2, 1995, С. 69 - 111.
2. Афанасьева Л.В., Михайлова Т.А., Кашин В.К. Состояние сосновых древостоев в условиях техногенного загрязнения в республике Бурятия // Растительные ресурсы, т. 46, выпуск 2, 2010, с. 51 - 60.
3. Ермаков В.В. Биогенная миграция и детоксикация ртути // Материала международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты». - М.: ГЕОХИ РАН, 2010, с. 5 - 14.
4. Иванов В.В. «Экологическая геохимия элементов». Справочник. М «Экология», кн. 5, 1997, С. 576.
5. Лапердина Т.Г. Определение ртути в природных водах. Новосибирск «Наука», 2000, С. 222.
6. Михайлова Т.А., Калугина О.В., Афанасьева Л.В. и др. Тренды содержания химических элементов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в разных условиях произрастания и при техногенной нагрузке // Сибирский экологический журнал, 2 (2010) 239 – 247.
7. Теплая, Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г.А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования, 2013. - №1 (23) – С.182.
8. Растения в экстремальных условиях питания: Эколого-физиологические исследования / под ред. М.Я. Школьника, Н.В. Алексеевой-Поповой. - Л.: Наука, 1983. - С. 176.
9. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. Москва 1992. С. 3 - 63.
10. Aboal J.R., Fernandez J.A., Carballeira A. Sampling optimization, at site scale, in contamination monitoring with moss, pine and oak // Environmental Pollution 115 (2001), С. 313 - 316.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ МАСШТАБА ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

А.Г. Щербакова, Л.И. Сваровская, И.Г. Яценко

Научный руководитель доцент Л.И. Сваровская

Институт химии нефти СО РАН (ИХН СО РАН), г. Томск, Россия

Разработана система мониторинга антропогенного загрязнения отдаленных труднодоступных заболоченных территорий северных районов нефтедобычи Томской области, сочетающая применение геоинформационных и дистанционных технологий в комплексе с лабораторными исследованиями. Для оценки масштаба, идентификации загрязнителей и процессов трансформации углеводородов применены методы моделирования, основанные на анализе материалов, полученных при полевых исследованиях и на основе обработки спутниковых данных MODIS и Landsat. Проведена оценка состояния растительного покрова в зависимости от концентрации загрязняющих нефтепродуктов и ферментативной активности системы почвенной микрофлоры. Рассчитан нормализованный вегетационный индекс (NDVI), отражающий состояние растительности на загрязненной территории. Определен коэффициент загрязнения малых рек, протекающих по территории Советского месторождения. Картографирована территория водосборного бассейна р. Васюган - приток р. Оби. С помощью ГИС-технологий определено около 400 точек переходов через сеть малых рек нефтепровода, который в случае аварии создаст высокий риск загрязнения.

Полученные результаты подтверждены данными физико-химических и микробиологических анализов проб почвы и воды, отобранных на исследуемой территории. Определена численность и деструктивная активность почвенной микрофлоры в зависимости от концентрации загрязняющих нефтепродуктов.