

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ТОПОЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ВЛАДИВОСТОК

И.А. Тайкина

Научный руководитель доцент Д.В. Юсупов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Изучение распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в природных и техногенных средах для решения прикладных задач, как в геохимических, так и в геоэкологических исследованиях не редкость. Интерес ученых геохимиков к РЗЭ обусловлен возможностями, открывающимися при их изучении. Они позволяют выявить и оценить источники поступления вещества, степень его дифференциации в окружающей среде; определить техногенную и природную специализацию территории [7]. Но биогеохимия РЗЭ остаётся недостаточно изученной областью, существует потребность в проведении таких исследований [4].

Высшие растения часто используются как индикаторы состояния окружающей среды на урбанизированных территориях. Они могут отражать как природные, так и техногенные факторы, концентрируя специфичные химические элементы данной территории [1]. Листья тополя - биогеохимический индикатор качества приземного атмосферного воздуха. Расположение устьиц на обеих сторонах листовой пластинки, клейкий воск, шероховатая поверхность позволяют листьям тополя улавливать и задерживать пылеаэрозоли [8].

Цель исследования – оценить концентрацию, распределение и соотношение редкоземельных элементов в листьях тополя, установить источники их рассеяния на территории г. Владивосток. Объектом исследования служили листья деревьев тополя корейского (*Populus koreana* Rehder).

Исследования проведены на территории г. Владивосток, который имеет особое экономико-географическое положение: в 2018 г. он приобрел статус административного центра Дальневосточного Федерального округа; является одним из крупнейших морских портов на Дальнем Востоке и главной базой Тихоокеанского флота. Площадь города – 331 км², численность населения около 605 тыс. человек (2018). Владивосток расположен на полуострове Муравьева-Амурского и о. Русский в акватории Японского моря.

В геологическом строении территорий полуострова Муравьева-Амурского и о. Русский принимают участие гранитоидные массивы юго-восточной части Вознесенского террейна: Островорусский и Седанкинского массивы пермского возраста. Гранитоиды обоих массивов имеют высокие для кремнекислых пород содержания Y, Hf и тяжёлых РЗЭ [5]. Рельеф Владивостока гористый, высота сопков колеблется от 50 до 300 м. Господствующие направления ветров в летний период - юго-западные.

Промышленность города специализируется на судостроении и судоремонте, приборостроении, теплоэнергетике, стройиндустрии и др. Экологическое состояние воздушного бассейна в городе оценивается как неблагоприятное, что обусловлено, в основном, большим количеством автотранспорта и объёмами выбросов градообразующих промышленных объектов [3]. Загрязнению воздушного бассейна в городе способствует высокая повторяемость приземных инверсий.

Отбор листьев производился в конце августа 2015 г. Сеть опробования 2×2 км, общее количество отобранных проб – 24. Листья отобраны методом средней пробы в нижней части кроны с внешней стороны по окружности на высоте 1,5 - 2 м от поверхности земли с примерно одновозрастных деревьев в соответствии с методическими рекомендациями [6]. Масса сырой пробы - около 100 г. Упаковка проб производилась в крафт пакеты «Стерит» (150×250 мм). Пробоподготовка включала просушивание при комнатной температуре; измельчение, взвешивание и озоление в соответствии с требованиями ГОСТ 26929-94 [2]. Навеска проб золы составила 100±1 мг. Определение валового состава макро и микроэлементов в золе листьев проводилось методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) по аттестационным методикам в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории (аналитик А.Ф. Судыко) на исследовательском ядерном реакторе ТПУ. Результаты ИНАА золы листьев сведены в базу данных, проведена их статистическая обработка.

Геохимическая специализация территории исследования проявляется при рассмотрении геохимических рядов элементов, построенных по значениям коэффициентов концентрации в порядке их убывания. Коэффициент концентрации (K_k) определялся как отношение среднего (геометрического) содержания элементов в золе листьев города к региональному фону [8]. Значимыми K_k принимались величины более 3,0 (таблица).

Таблица

Геохимический ряд элементов в золе листьев тополя на территории г. Владивосток

Ta 9.16	Nd 6.51	Hf 5.59	Eu 4.67	Tb 4.44	Sb 4.18	Lu 3.81	Fe 3.78	Ce 3.67	Sc 3.55	La 3.49	Sm 3.48	Th 3.34	Na 3.27
Yb 3.23	Cs 2.86	As 2.32	U 1.90	Cr 1.64	Ba 1.58	Rb 1.27	Br 1.14	Zn 1.09	Ag 1.0	Ca 0.93	Co 0.85	Au 0.65	Sr 0.65

Характер распределения РЗЭ в геохимических рядах рассмотрены с позиции выделения двух подгрупп: лёгких и тяжёлых РЗЭ. Представительность ряда РЗЭ со значимыми коэффициентами концентрации, вероятно, свидетельствует о проявленном природном факторе поступления и распределения РЗЭ на территории города. Особенности геологического строения полуостровной части территории г. Владивосток и о. Русский подтверждает этот факт. Ассоциация тяжёлых РЗЭ (Tb, Yb и Lu) проявляется, когда в составе горных пород преобладают темноцветные породообразующие (биотит, роговая обманка и др.) и акцессорные (циркон, ксенотим, гранат) минералы [9]. Также важен факт, что для малых рек Владивостока наблюдается резкое фракционирование между лёгкими и тяжёлыми РЗЭ, причем по Lu достигает целого порядка [10].

Пространственное распределение содержаний лёгких и тяжёлых РЗЭ показано на рисунке.

СЕКЦИЯ 9. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЭКОЛОГИИ

Биогеохимический ореол, как лёгких, так и тяжёлых РЗЭ с максимальными содержаниями в точках 4-4, 5-5 и 5-6 можно объяснить влиянием коренных пород Седанкинского массива, выходящих близко к поверхности. Ореол локализован на вершинах сопек и находится вне зоны прямого влияния какого-либо из рассматриваемых основных источников загрязнения города. Элементный состав коренных пород согласуется с полученными концентрациями элементов [5].

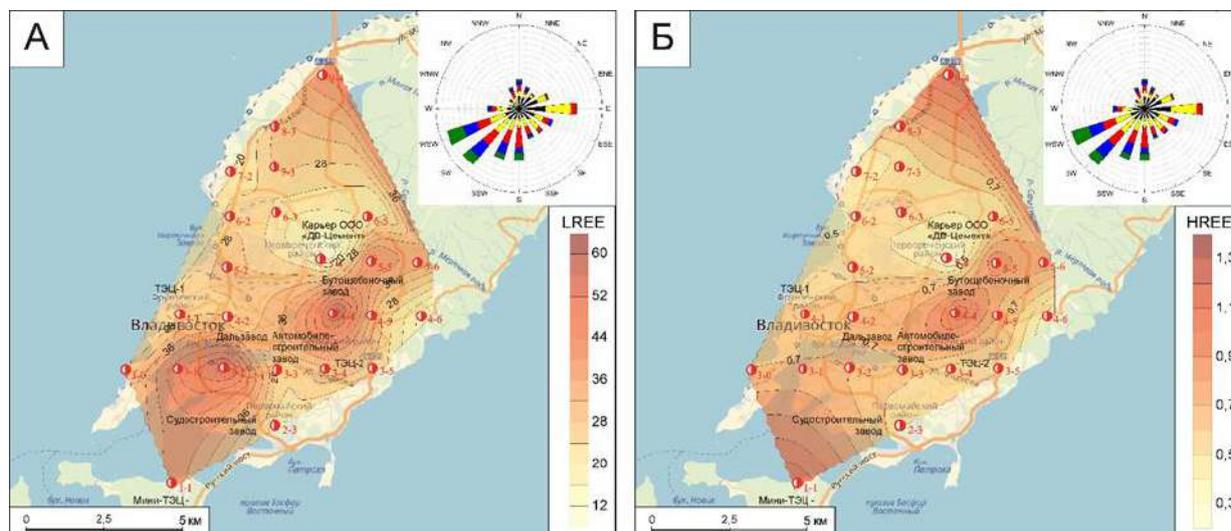


Рис. Суммарные концентрации лёгких (А) и тяжёлых (Б) РЗЭ в золе листьев тополя на территории г. Владивосток и о. Русский. Вставка сверху – летняя роза ветров (2015).

Биогеохимический ореол с эпицентром высоких содержаний тяжёлых РЗЭ наблюдается в точке 1-1 на о. Русский, вполне согласуется с геохимическим составом материнских пород Островурского массива, и также обусловлен природным фактором [5]. Аномалия лёгких РЗЭ выявлена в Первомайском районе города. Максимальные содержания La, Ce, Nd, Sm и Eu установлены в точках отбора проб 3-1 и 3-2 на водоразделе. Влияние судоремонтного и судостроительного заводов, находящихся в прибрежной части бухт, с учётом господствующих направлений ветров, маловероятно.

Таким образом, на территории г. Владивосток главенствующее влияние на распределение РЗЭ оказывает «фактор петрофонда». Тем не менее, ввиду высокой степени урбанизации и промышленного освоения территории исследования, в геохимической специализации города, выделяющейся помимо РЗЭ некоторыми рассеянными (Ta, Hf, Sc), халькофильными (Sb), сидерофильными (Fe) и др. элементами, нельзя исключать долю влияния природно-антропогенного фактора, который требует отдельного рассмотрения.

Литература

1. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений / Пер. с англ. И.Н. Михайловой. – М.: ГЕОС, 2005. – 457 с.
2. ГОСТ 26929-94. Сырьё и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов;
3. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2015 году. Администрация Приморского края г. Владивосток, 2016. – 269 с.
4. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. / под ред. Э.К. Буренкова. - Кн. 6: Редкие f-элементы. - М.: Экология, 1997. - 607 с.
5. Крук Н.Н., Голозубов В.В., Киселев В.И., Крук Е.А., Руднев С.Н., Серов П.А., Касаткин С.А., Москаленко Е.Ю. Палеозойские гранитоиды южной части Вознесенского террейна (южное Приморье): возраст, вещественный состав, источники расплава и обстановки формирования // Тихоокеанская геология, 2018. – Т. 37. – № 3. – С. 32 - 53.
6. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеоздат, 1981. – 108 с.
7. Радомская В.И., Юсупов Д.В., Павлова Л.М. Редкоземельные элементы в атмосферных осадках на территории г. Благовещенска // Геохимия, 2018. – № 2. – С. 197 - 206.
8. Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Барановская Н.В., Ялалтдинова А.Р. Элементный состав ливня тополя как биогеохимический индикатор промышленной специализации урбасистем // Экология и промышленность России, 2015. – № 6. – С. 58 - 63.
9. Хэскин Л.А., Фрей Ф.А., Шмитт Р.А., Смит Р.Х. Распределение редких земель в литосфере и космосе: Пер. с англ. - М.: Мир, 1968. – 187 с.
10. Чудаев О.В., Челноков Г.А., Брагин И.В., Харитонов Н.А., Блохин М.Г., Александров И.А. Фракционирование редкоземельных элементов в реках восточного и южного Сихотэ-Алиня в условиях природных и антропогенных аномалий // Тихоокеанская геология, 2015. – Т. 34. – № 6. – С. 34 - 44.