

**БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ В Г. УЛАН-УДЭ**

**И.А. Тайкина**

Научные руководители: доцент Д.В. Юсупов, профессор Л.П. Рихванов  
**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

В условиях городской среды рост населения, транспортных и промышленных объектов на относительно небольших территориях обуславливают образование локальных и региональных техногенных аномалий загрязняющих веществ в компонентах природной среды городских ландшафтов.

Высшие растения часто используются как индикаторы состояния окружающей среды на урбанизированных территориях. Они могут отражать как природные, так и техногенные факторы, концентрируя специфические для данной территории химические элементы [1]. Листья тополя – биогеохимический индикатор качества приземного атмосферного воздуха [7]. Морфологические особенности его листовой пластины позволяют улавливать и задерживать пылеаэрозоли, а широкое использование тополей в зелёных насаждениях городов в умеренных широтах позволяет проводить пробоотбор по равномерной сети в заданном масштабе биогеохимической съёмки [7].

Цель исследования – оценить концентрацию, распределение и соотношение химических элементов в листьях тополя, установить источники их рассеяния на территории г. Улан-Удэ. Объектом исследования служили листья деревьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.).

Исследования проведены на территории г. Улан-Удэ – столицы республики Бурятия, крупного научного, культурного и промышленного центра Восточной Сибири, расположенного у слияния двух рек – Селенги и Уды. Численность населения около 435,5 тыс. человек (2019). Площадь города – 365,71 км<sup>2</sup>. Город расположен на расстоянии 100 км от оз. Байкал в пределах Иволгино-Удинской межгорной впадины. В геологическом отношении городскую территорию можно считать сложной, каждый породный комплекс имеет свой геохимический облик [5]. Преобладающее направление ветров в летний период северо-западное [3].

Промышленность города представлена предприятиями теплоэнергетики, машино и приборостроения, авиастроением, стройиндустрии и др. Улан-Удэ входит в группу горно-котловинных городов со слабой рассеивающей способностью воздушного бассейна, характеризуется значительной концентрацией промышленных предприятий, растущей численностью автотранспорта и большой площадью районов частной застройки с печным отоплением. Уровень загрязнения атмосферы характеризуется как очень высокий [3].

Наибольший вклад в суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников вносят предприятия теплоэнергетики. Улан-Удэнская ТЭЦ-1, дающая основную массу пыли, – более 33 %, ТЭЦ-2 – 19 %, отопительные котельные энергетического комплекса – 17,5 %, авиационный завод (У-УАЗ) – более 5 %, Улан-Удэстальмост (УУСМ) – 4,4 %, локомотивовогоноремонтный завод (ЛВРЗ) – 2,1 %. Доля угля в балансе котельного топлива 75-85 %. Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха химическими элементами вносят У-УАЗ и ЛВРЗ. Автомобильные выхлопы составляют больше половины вредных выбросов.

Отбор листьев производился в конце августа 2015 г. Сеть опробования 2×2 км, общее количество отобранных проб — 34. 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 2692994 [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 аттестованной методике 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 (Кк) в порядке их убывания. При построении первого ряда Кк определялся как отношение медианного содержания элементов в золе листьев города к медианным значениям содержания элементов в листьях тополя урбанизированных территорий Сибири и Дальнего Востока [7]. Также был построен геохимический ряд, нормированный к медианному содержанию элементов в листьях тополя фоновой территории пос. Тунка. В обоих случаях значимыми Кк принимались величины более 1,5 (таблица).

Таблица

*Геохимические ряды элементов в золе листьев тополя на территории г. Улан-Удэ*

Кк относительно средних содержаний в золе листьев тополя урбанизированных территорий [7]													
<b>Nd</b> 2.02	<b>Ce</b> 1.85	<b>Cs</b> 1.79	<b>U</b> 1.70	<b>La</b> 1.51	<b>Sr</b> 1.41	<b>Th</b> 1.32	<b>Hf</b> 1.31	<b>Au</b> 1.23	<b>Fe</b> 1.22	<b>Sc</b> 1.19	<b>Ca</b> 1.12	<b>Sm</b> 1.06	<b>Ag</b> 1.00
<b>Na</b> 0.99	<b>Ba</b> 0.98	<b>Lu</b> 0.94	<b>Br</b> 0.79	<b>Sb</b> 0.78	<b>Cr</b> 0.75	<b>Co</b> 0.62	<b>Yb</b> 0.60	<b>Ta</b> 0.52	<b>Zn</b> 0.38	<b>Tb</b> 0.33	<b>As</b> 0.26	<b>Eu</b> 0.09	<b>Rb</b> 0.03
Кк относительно содержаний элементов в золе листьев тополя пос. Тунка													
<b>Sb</b> 13.3	<b>Br</b> 8.89	<b>Cr</b> 6.56	<b>Lu</b> 3.75	<b>Cs</b> 3.69	<b>As</b> 1.94	<b>Sr</b> 1.89	<b>Hf</b> 1.77	<b>Au</b> 1.47	<b>Na</b> 1.36	<b>Sm</b> 1.31	<b>Ce</b> 1.27	<b>Fe</b> 1.23	<b>Ag</b> 1.23
<b>Sc</b> 1.08	<b>Th</b> 1.06	<b>La</b> 1.01	<b>Ca</b> 1.00	<b>Yb</b> 0.85	<b>Nd</b> 0.82	<b>Ba</b> 0.78	<b>Co</b> 0.74	<b>Eu</b> 0.66	<b>U</b> 0.38	<b>Ta</b> 0.37	<b>Tb</b> 0.37	<b>Zn</b> 0.26	<b>Rb</b> 0.02

## СЕКЦИЯ 8. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЭКОЛОГИИ

Наличие значимых коэффициентов концентраций для Nd, Ce, Cs, U и La в первом ряду свидетельствует, вероятно, о проявлении природного фактора и отражает региональную геохимическую специализацию территории Забайкалья. Второй геохимический ряд с приоритетным перечнем элементов Sb, Br, Cr, Lu, As, Sr, Hf отражает техногенный фактор связан с воздействием основных городских предприятий и объектов транспортной инфраструктуры. Ореолы сурьмы, основным источником которой является автотранспорт, охватывают всю густонаселённую часть города с дорогами [8]. Вероятным источником Br также является автотранспорт, а именно горючее органическое топливо. Пространственное распределение Cs, Ce, Sb и Br показано на рисунке.

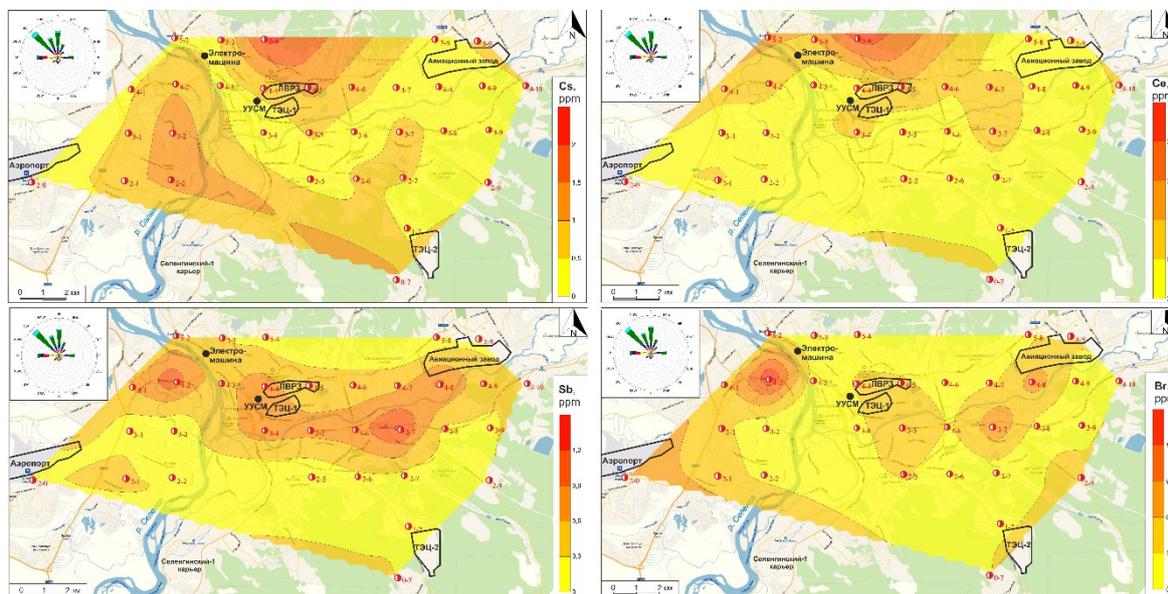


Рис. Биогеохимические ореолы Cs, Ce (сверху), Sb и Br (снизу) на территории г. Улан-Удэ

В районе точки 5-4 выделяется комплексная аномалия редкоземельных и рассеянных элементов. Предположительно это зона влияния танкового полигона и воинской части, расположенных в 3-5 км на северо-запад. Здесь возможен перенос пыли по господствующему направлению ветра. К группе редкоземельных и рассеянных элементов в северной части города добавляются ореолы хрома и мышьяка.

Достаточно сложно оценить вклад конкретного предприятия в районе промышленного узла (Железнодорожный район) ввиду их высокой концентрации (ЛВРЗ, ТЭЦ-1, УУСМ). В целом в данной области наблюдаются повышенные значения содержания таких элементов, как: Th, Cr, Sr, Br, Sb.

В районе ТЭЦ-2 в пробе 0/7 наблюдаются повышенные содержания редкоземельных элементов, а также Fe, Na, Sb, Cr, Cs, Hf. Повышенные содержания Sr характерны и для районов частной застройки на левом берегу р. Селенга, где около четверти домов отапливаются каменным углём.

Деятельность аэропорта, местных котельных или выбросы от сжигания угля и дров в частных секторах, вероятно, могут обуславливать положительные аномалии содержания Sb, Sr, Cr в районе точки 2-1. Улан-Удэ находится в лесостепной зоне и на окраинах города в посадках создаются благоприятные условия для переноса загрязняющих веществ в связи с отсутствием лесонасаждений, строений и возвышенностей рельефа на пути воздушных масс по направлению господствующих ветров.

### Литература

1. Баргаль 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. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
3. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды в Республике Бурятия в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа. – 2016. – 639 с.
4. Корляков И.Д., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е. Тяжелые металлы и металлоиды в почвенном покрове г. Улан-Удэ // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2019. – № 3. – С. 120 – 137.
5. Кучумова Ю.А, Жамбалова Д.И., Боркхова Е.В. // Взаимодействие поверхностных и подземных вод в зоне влияния Улан-Удэнского промышленного узла // Вестник Бурятского университета – С. 49 – 56.
6. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеоиздат, 1981. – 108 с.
7. Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Ялалтдинова А.Р. Геохимические особенности элементного состава листьев тополя урбанизированных территорий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. – Т. 327. – № 6. – С. 25 – 36.
8. Alves S.A., Evtuygina M., Vicente A.M.P. // Chemical profiling of PM<sub>10</sub> from urban road dust // Science of The Total Environment. – 2018. – P. 41 – 51.