

## СЕКЦИЯ 10. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЭКОЛОГИИ

241

В таблице 4 представлены минимальные содержания малых элементов в золах углей, определяющих возможную промышленную значимость.

**Таблица 4**  
**Содержание малых элементов в золах углей, определяющих промышленную значимость, мг/кг [4]**

Химический элемент	Hf	Sc	La	Y	Cd	Cr	Cu	Ga	Ni	Pb	Zn
Содержание элементов	25	50	750	75	5	7000	500	100	500	1200	2000

Промышленный интерес представляют следующие элементы: Hf, Cd и Ga.

Таким образом, отходы углеобогащения предприятия ОАО «Междуречье» при получении из них водоугольного топлива могут заменить традиционное горючее. При таком их использовании можно сократить техногенную нагрузку на район, уменьшить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, снизить уровень загрязнения почв и подземных вод. Предприятие также сможет получать выгоду, от сокращения штрафов за загрязнения окружающей среды и от реализации угля, предназначавшегося для сжигания на котельных. Также возможна продажа золошлаковых отходов металлургическим предприятиям в качестве сырья для получения товарных продуктов.

### Литература

1. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А., Рихванов Л.П. – Кемерово.: Кемеровский полиграфкомбинат, 1999. – 248с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 году» [электронный ресурс]. – Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения 07.02.2016).
3. Черпанов А.А. Комплексная переработка золошлаковых отходов / Черпанов А.А., Кардаш В.Т. // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2009, №2, с. 98-115.
4. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник / Ю.Н. Жаров, Е.С. Мейтов, И.Г. Шарова. М.: Недра, 1996. – 238 с.

### **БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ УРАНА И ТОРИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ УРАНДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДАМИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА И РАДИОГРАФИИ**

Ю.Е. Силенко

Научный руководитель доцент Д. В. Юсупов

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Большинство растений, произрастающих на урбанизированных территориях, в той или иной степени подвержены антропогенному влиянию. Растения отражают геохимическую специализацию окружающей среды и могут выступать индикаторами её состояния [4]. Листья, кора и кольца деревьев служат объектами в экологических исследованиях для оценки состояния атмосферного воздуха, в том числе в районах с развитым горнодобывающим производством [7,8]. Использование растений в качестве индикаторов состояния окружающей среды актуально с точки зрения накопления в них рассеянных и радиоактивных элементов, концентрация которых в биосфере увеличивается в связи с нарастающим их использованием в производстве.

Проведенные И.Г. Берзиной (1993) [1] и А.Р. Ялалтдиновой (2015) [10] исследования методами радиографии показали, что с помощью листьев тополя можно с высокой точностью и наглядностью регистрировать радиоактивное загрязнение окружающей среды, выявлять пути поступления радиоактивных элементов в растения. Установленные А.Л. Ковалевским (2010) закономерности поглощения радиоактивных элементов растениями позволяют сделать выводы о возможности практического использования некоторых видов растений как биогеохимических индикаторов урановой минерализации [5].

Цель работы – биогеохимическая индикация урана и тория на территории г. Краснокаменска методами инструментального нейтронно-активационного анализа и радиографии по данным изучения листьев тополей.

Объектом исследования служили листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera L.*). Листья тополя являются специфическим геохимическим планшетом, который накапливает элементы из почвы, а также улавливает пылеаэрозоли из атмосферного воздуха за счет особенностей строения листа: шероховатости поверхности, наличия клейкого воска, расположения устьиц на обеих сторонах листовой пластинки.

Исследования проведены на территории города Краснокаменска, находящегося в зоне влияния добычи урановых руд Мо-У месторождений на Стрельцовском рудном поле в Забайкальском крае. Рудное поле относится к категории уникальных – общие запасы урана, сосредоточенные в девятнадцати пространственно сближенных месторождениях, оцениваются более чем в 250 тыс. т [2]. Эксплуатация месторождений Стрельцовского рудного поля ведется с 1968 года и сопровождается трансформацией природных ландшафтов прилегающих территорий. Экологическую ситуацию на данной территории и в ее окрестностях осложняет наличие источников техногенного загрязнения, связанных не только с деятельностью рудников, но и с сопутствующим производством Приаргунского горно-химического комбината [2].

Распределение урана и тория в листьях тополя на исследуемой территории установлено И.Г. Берзиной [1] методами авто- и f-радиографии. Метод автордиографии основан на способности радиоактивных веществ воздействовать на эмульсионный слой фотографической пластинки или рентгеновской пленки, и выражается в почернении после проявления тех участков негатива, которые контактировали с радиоактивным веществом. Метод осколочной радиографии (f-радиографии) основан на процессе деления ядер урана и тория под воздействием тепловых нейтронов в ядерном реакторе. Метод f-радиографии дает возможность выявить пространственное распределение урана и тория при одновременном определении их концентрации [1,10].

Использование методов радиографии позволили И.Г. Берзиной [1] в зоне влияния уранодобывающего предприятия идентифицировать пути проникновения и формы проявления делящихся элементов в листьях тополя (рис.). Если делящиеся элементы попадают в растения через корневую систему, то их проявление повторяет макроструктуру листа (рис., I). Если же на растении осаждаются радиоактивные пылевидные частицы, то распределение делящихся элементов в листе не повторяет его макроструктуру. При этом отображение на детекторе таких загрязнений имеет специфическую, характерную для пыли конфигурацию (рис., II).

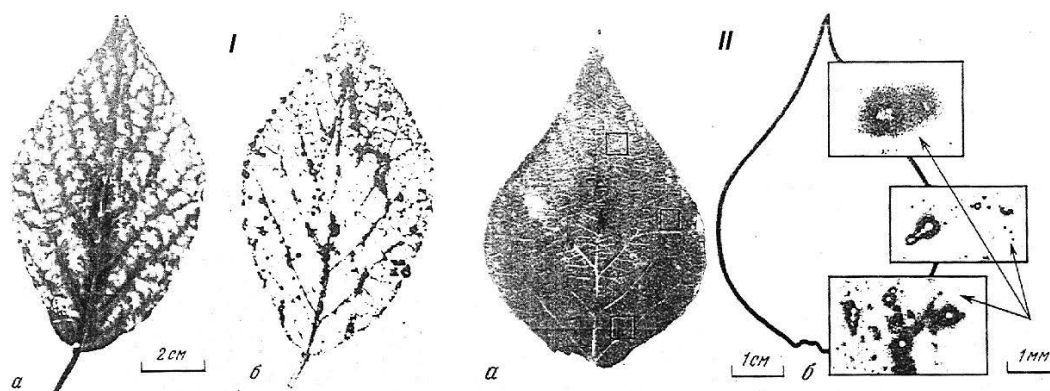


Рис. Распределение урана в листе тополя, произрастающего вблизи отвалов (I) и в 20 км от уранового месторождения (II): а – лист тополя, б – детектор [1].

Для оценки уровня содержания радиоактивных элементов в растительности на исследуемой территории отобраны пробы листьев тополя. Отбор проб в городе проводили в конце лета по разряженной сети. Листья отбирали методом средней пробы в нижней части кроны с внешней ее стороны по окружности на высоте 1,5-2 м от поверхности земли с примерно одновозрастных деревьев одного вида. Для упаковки и хранения проб использовали крафт пакеты «Стерит». Всего на территории г. Краснокаменка отобрано 5 проб.

Подготовка проб для анализа включала следующие операции: просушивание при комнатной температуре, измельчение, взвешивание и озоление. Озоление проб листьев производили способом сухой минерализации согласно требованиям ГОСТ 26929-94 [2]. Средняя зольность листьев тополя составила 12 %. Определение валового содержания урана и тория в образцах золы листьев тополя производили инструментальным нейтронно-активационным методом анализа (ИНАА) в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в Томском политехническом университете по аттестованным методикам (НСАМ ВИМС № 410-ЯФ), аналитики А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская. Среднеквадратичная погрешность определения содержания элементов составила не более 30 %. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Содержание урана, тория (в г/т) и Th/U отношение в золе листьев тополя г. Краснокаменска

Химический элемент	Содержание (среднее/min-max)	Th/U
Th	0,9 (0,6 – 1,7)	0,5
U	1,9 (0,4 – 4,1)	

По коэффициенту концентрации  $> 3$ , рассчитанному с использованием опубликованных данных о среднем содержании элементов в золе листьев тополя урбанизированных территорий Казахстана, Сибири и Дальнего Востока, построен геохимический ряд. По нему в г. Краснокаменске выделяется устойчивая уран-цезий-ториевая специализация:  $U (6,5) > Cs (4,9) > Th (3,1)$  [7]. Источником повышенных содержаний цезия служат Cs-содержащие вулканические стекла – перлиты, описанные в этом районе Г.А. Шатковым (1969) [9].

Рассчитан показатель Th/U отношения, который отражает преимущественно геохимические особенности горных пород (петрогенный фактор среды), а также позволяет судить о нарушении природного баланса этих элементов на территориях с развитым промышленным производством [6]. Th/U отношение в золе листьев тополя в г. Краснокаменске составило низкое значение – 0,5, что является техногенной аномалией, свидетельствующей о наличии источника эмиссии урана в окружающую среду, вызванной добычей и первичной переработкой урановых руд месторождений на Стрельцовском рудном поле.

Выводы. Проведенный анализ опубликованных данных показал, что с помощью методов радиографии возможно с высокой чувствительностью, точностью и наглядностью выявлять источники радиоактивного загрязнения окружающей среды, а также выявлять пути поступления радиоактивных элементов в растения. С помощью метода ИНАА в золе листьев тополя определены содержания урана и тория, уровень концентрации которых отражает геохимическую специализацию, как урандобывающего и перерабатывающего производства, так и природного фактора. Результаты исследования подтверждают вывод о том, что величина Th/U отношения является индикатором степени трансформации окружающей среды в пределах техногенных ландшафтов.

#### Литература

1. Берзина И.Г. Выявление радиоактивного загрязнения окружающей среды методом радиографии // Геохимия, 1993. – №3. – С. 449 – 456.
2. Величкин В.И., Чуднявцева И.И. Ландшафтно-геохимические исследования при оценке радиозоологического состояния окружающей среды в зоне влияния урандобывающего и перерабатывающего комплекса (на примере Стрельцовского Мо-У рудного поля) // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2009. – №2. – С. 99 – 114.
3. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 31 с.
4. Ильин, В. Б. Элементный химический состав растений / В. Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 127 с.
5. Ковалевский А.Л., Ковалевская О.М. Биогеохимия урановых месторождений и методические основы их поиска. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2010. – 362 с.
6. Рихванов Л.П., Арбузов С.И., Барановская Н.В. и др. Радиоактивные элементы в окружающей среде // Известия Томского политехнического университета, 2007. – Т. 311. – №1. – С.128 – 136.
7. Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Барановская Н.В., Ялалтдинова А.Р. Элементный состав листвы тополя как биогеохимический индикатор промышленной специализации урбасистем // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. – №. 6. – С. 58 – 63.
8. Trace element Composition of poplar in Mongolian Cities / N.E. Kosheleva, I.V. Timofeev, N.S. Kasimov, T.M. Kiselyova, A.V. Alekseenko, O.I. Sorokina. In: Frank-Kamenetskaya O.V. et al. (eds.). Biogenic – Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems, Lecture Notes in Earth System Sciences. – Springer, 2016. – P. 165 – 177.
9. Шатов Г.А., Гущин Е.Н. О высоких содержаниях цезия в кислых вулканических стеклах // Геохимия. – 1969. – № 12. – С. 1510 – 1513.
10. Ялалтдинова А.Р. Элементный состав растительности как индикатор техногенного воздействия на территории г. Усть-Каменогорска: дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2015. – 172 с.

### РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ Г. ГОРНО-АЛТАЙСКА В.А. Ситникова

Научный руководитель ведущий научный сотрудник Ю.В. Робертус  
Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, Россия

Наиболее крупной урбанизированной территорией Республики Алтай является хозяйственно-селитебная агломерация ее административного центра г. Горно-Алтайска и сельских пригородов, где на площади 30 км<sup>2</sup> проживает около 85 тыс. чел. или 40 % населения республики. Радиоэкологическая изученность в районе агломерации неравномерная, но в целом удовлетворительная, однако отсутствует обобщение имеющихся данных и не ведется мониторинг в местах напряженной радиационной обстановки.

Радиоэкологическая обстановка на территории агломерации обусловлена в основном радиационными характеристиками геологической среды и частично прошлыми атмосферными выпадениями радиоактивных продуктов ядерных взрывов. В настоящее время она варьируется в больших пределах – от фоновой до напряженной и определяется, главным образом, гамма-фоном горных пород и почв, содержащих естественные радионуклиды (<sup>40</sup>K, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>Ra), уровнем активности радона в воздухе и в воде, а также воздействием космического излучения [2].

**Радиоэкологическая обстановка, обусловленная природными источниками излучения.** Содержание естественных радионуклидов в почвах находится на фоновом для агломерации уровне (табл. 1), а их слабоконтрастные вариации обусловлены различиями состава почвообразующих пород. Мощность создаваемой ими экспозиционной дозы гамма-излучения варьируется в пределах 8-15 мкР/час при среднем 10 мкР/час. Между собой естественные радионуклиды имеют положительные значимые связи, обусловленные совместным нахождением в исходных почвообразующих породах. Напротив, их связи с привнесенными техногенными <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr отрицательные и незначимые [6].

Таблица 1

Параметры распределения радионуклидов в почвах и донных осадках в районе г. Горно-Алтайска (з/т)

Радионуклиды	Почвы (n=44)				Донные отложения (n=16)			
	min	max	X	V, %	min	max	X	V, %
<sup>226</sup> Ra	1,8	3,8	2,4	22,5	2,0	4,0	2,7	22,6
<sup>232</sup> Th	4,6	8,0	6,5	12,9	4,4	7,5	6,5	13,2
<sup>40</sup> K	0,93	1,50	1,25	9,8	1,11	1,57	1,31	9,2
<sup>137</sup> Cs	2	47	8	108,0	2	5	2,7	41,1