

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЙ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТОМСКА И ОБСЕРВАТОРИИ «ФОНОВАЯ»

В. С. Бучельников<sup>1</sup>, Е. Г. Язиков<sup>1</sup>, М. П. Тентюков<sup>2</sup>, А. В. Таловская<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

Томск, Россия, victor.buchelnikov@yandex.ru, yazikoveg@tpu.ru, talovskaj@yandex.ru

<sup>2</sup>Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина  
Сыктывкар, Россия, tentukov@yandex.ru

## COMPARISON OF RADIOACTIVE ELEMENTS' ABUNDANCE IN AEROSOL PRECIPITATIONS IN TOMSK AND "FONOVAYA" OBSERVATORY

V. S. Buchelnikov<sup>1</sup>, E. G. Yazikov<sup>1</sup>, M. P. Tentukov<sup>2</sup>, A. V. Talovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University

Tomsk, Russia, victor.buchelnikov@yandex.ru, yazikoveg@tpu.ru, talovskaj@yandex.ru

<sup>2</sup>Pitirim Sorokin Syktyvkar State University  
Syktyvkar, Russia, tentukov@yandex.ru

The aim of article – to estimate the radioactive elements' abundance in urban and background aerosol, collecting by passive sampling and Th/U correlation also. Scan electron microscopy allowed demonstrating some kinds of aerosol particles with radioactive elements.

### Введение

Техногенные аномалии загрязняющих веществ в атмосфере определяются как внутренними (химическими, токсикологическими) свойствами, так и внешними геохимическими условиями, а также природными факторами, влияющими на их миграционную способность и накопление в приземном воздухе [3].

Для урбанизированных территорий характерно большое разнообразие выбросов, определяющееся их промышленной специализацией, при этом формируются потоки загрязняющих веществ, которые в свою очередь могут распространяться с помощью атмосферных и водных потоков, накапливаясь в почве, поверхностных и подземных водах, донных отложениях, растениях.

Вредные выбросы, загрязняющие атмосферу, включают в себя: атмосферную пыль, газы и пары. В сочетании с другими факторами пыль и аэрозоли несут существенную угрозу для здоровья человека. Кроме того, аэрозольные частицы распространению радиоактивного загрязнения [2]. Так, частицы угля, основные концентраторы токсичных и радиоактивных элементов.

Объектом исследования является городская и фоновая территория, предметом исследования – аэрозольное вещество, собранное на фильтрах, а также твёрдый осадок снежных слоёв.

Цель работы – проследить динамику поступления пылеаэрозолей по данным послыного анализа снегового покрова в зоне влияния Томской ГРЭС-2.

### Материалы и методы

Методика проведения исследований включала в себя отбор аэрозольного вещества с помощью пассивных пробоотборников (импульвераторов), снежного покрова послойным методом [1]. Фильтры, извлеченные из импульвераторов отправлялись на исследование элементного состава водо- и кислоторастворимой фракции аэрозоля, осуществлявшееся методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в ООО «Химико-аналитический центр "Плазма"» (г. Томск). Для определения величины накопления элементов в фильтрах проводился расчет коэффициентов аэрозольной аккумуляции на основе сравнения состава фильтров из импульвераторов с чистыми.

Снежный покров отбирался послойным методом на фоновой точке, а также в зоне влияния объекта теплоэнергетики – Томской ГРЭС-2. Также на территории города Томска в зоне влияния ГРЭС-2, осуществлялся на городской территории вблизи станции высотного зондирования ИОА им. В. Е. Зуева СО РАН (Томский Академгородок), пригородной территории (посёлок Геологов), фоновой территории (обсерватория «Фоновая») ИОА им. В. Е. Зуева СО РАН.

Послойные отборы снежного покрова проводились в течение зимнего периода 2018–2019 гг. с помощью послыного снегоотборника конструкции М. П. Тентюкова

Минеральный состав проб твердого осадка снега изучался в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики МИНОЦ «Урановая

**Таблица 1.** Коэффициенты аэрозольной аккумуляции радиоактивных элементов в водо- и кислоторастворимой фракциях аэрозоля по данным сезонных отборов на обсерватории «Фоновая»

Элемент	Водорастворимая			Кислоторастворимая		
	Осень	Зима	Весна	Осень	Зима	Весна
Th	3,27	6,84	8,47	2,73	3,24	1,91
U	2,89	3,64	4,85	1,37	1,62	2,00
Th/U	1,13	1,88	1,75	1,99	2,00	0,96

геология» ТПУ с применением сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Hitachi S-3400N с ЭДС Bruker XFlash 4010/5010 для проведения рентгено-спектрального анализа.

### Результаты и их обсуждение

Расчет коэффициентов аэрозольной аккумуляции радиоактивных элементов показал, что для элементов как водо- так и кислоторастворимой фракций характерны сезонные изменения химического состава. Каждая фракция характеризуется обогащением некоторыми элементами в течение всех трёх сезонов. На основе сопоставления значений данных коэффициентов было рассчитано Th/U отношение (табл. 1).

Как видно из таблицы, водорастворимая фракция аэрозоля характеризуется большими значениями коэффициентов аэрозольной аккумуляции для радиоактивных элементов, в то же время, кислоторастворимая фракция в осенний и зимний периоды имеет несколько большие значения. Также данная фракция характеризуется, несколько большим содержанием урана по сравнению с торием в весенний период.

Рассматривая коэффициенты тория и урана во фракциях аэрозоля пригородной территории (табл. 2), было отмечено, что наибольшие значения коэффициентов приходится на водорастворимую фракцию, в то же время значение отношения больше в кислоторастворимой.

По сравнению с фоном, пригородная территория имеет большие значения коэффициентов обоих элементов, вероятно, это связано с большей техногенной нагрузкой на данной площадке, в частности, с работой угольной котельной.

Изучение минерального состава твёрдого осадка снеговых слоёв позволяет частично определить формы нахождения химических элементов в аэрозоле.

По результатам исследований на сканирующем электронном микроскопе среди массы общераспространенных частиц были выделены специфические, в том числе, имеющие в составе радиоактивные элементы.

Так, исследую снеговые слои из зоны влияния Томской ГРЭС-2, в одном из горизонтов была обнаружена минеральная фаза, представляющая собой

**Таблица 2.** Коэффициенты аэрозольной аккумуляции радиоактивных элементов в водо- и кислоторастворимой фракциях аэрозоля по данным пассивных отборов на пригородной территории

Элемент	Водорастворимая	Кислоторастворимая
Th	8,6	4,0
U	5,2	1,7
Th/U	1,7	2,4

фосфат редкоземельных элементов с примесью тория (предположительно, монацит) размером  $4 \cdot 2 \mu\text{m}$  (рис. 1).

Особенности состава данной фазы позволяют предположить, что её поступление в окружающую среду связано с процессом сжигания угля, что подтверждается другими исследованиями (рис. 28, 29, 30).

Также минеральная фаза, содержащая радиоактивный элемент была обнаружена на фоновом участке (рис. 2).

Особенности элементного состава, а также ветровой режим в течение зимнего периода позволяют предположить, что источник данной фазы расположен за пределами Томской области, а её попадание на фоновый участок может объясняться механизмами дальнего переноса, что так же подтверждается и её меньшим размером по сравнению с общераспространенными фазами.

### Заключение

Таким образом, были рассмотрены особенности содержания радиоактивных элементов в аэрозоле на территории г. Томска и фоновой площадки, отмечено, что водо- и кислоторастворимая фракции различаются по содержанию урана и тория. Большие значения коэффициентов аэрозольной аккумуляции для пригородной территории объясняются значительным техногенным воздействием на территорию по сравнению с фоном.

На примере исследования минерального состава твёрдого осадка снега были выявлены частицы, содержащие радиоактивные элементы, присутствующие в аэрозоле. Отмечено, что на городской территории поступление подобных частиц связано с

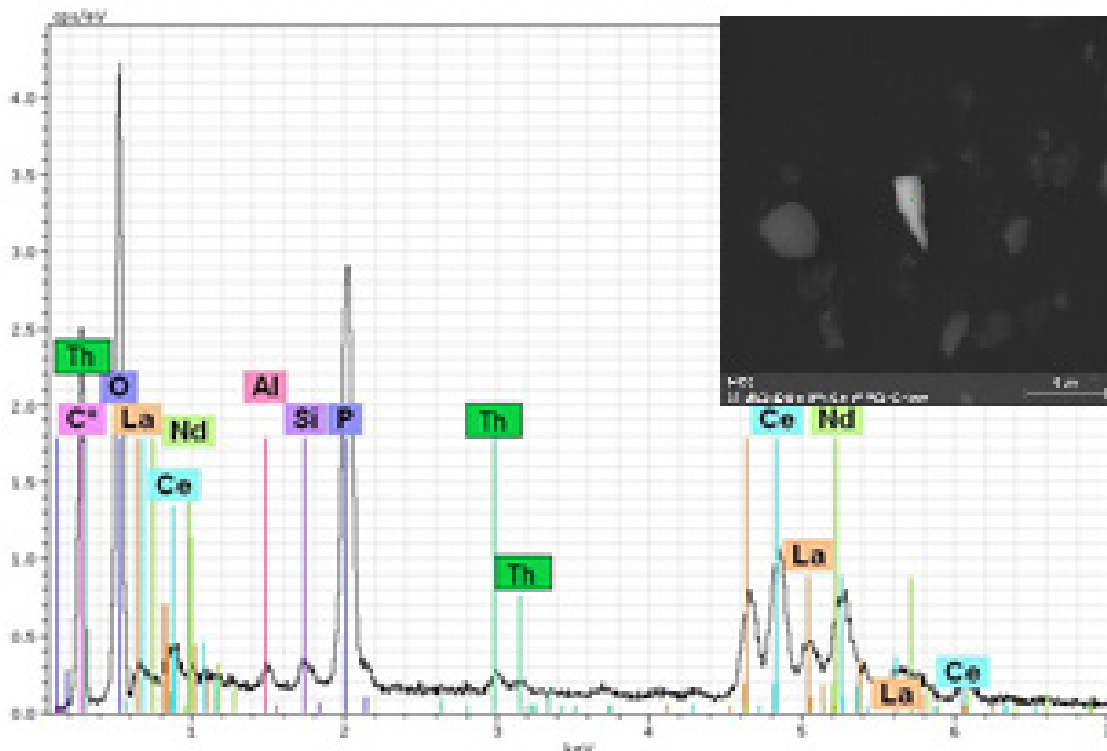


Рис. 1. Минеральная фаза фосфата редкоземельных элементов с примесью тория

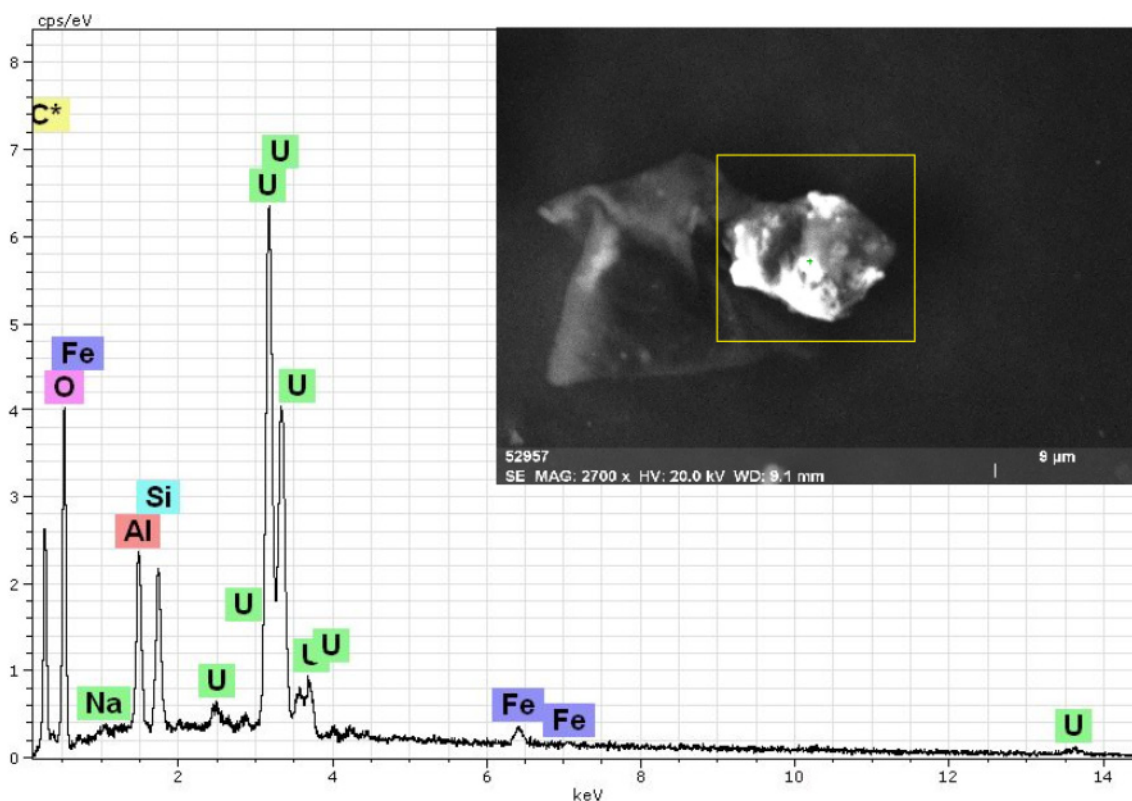


Рис. 2. Урансодержащая минеральная фаза

работой местных предприятий теплоэнергетики, а на фоновую точку их поступление может быть связано с дальним переносом.

### Литература

1. Пат. 2411487 Российская Федерация, МПК G 01 N 1/04. Снегоотборник Тентюкова / Тентюков М. П.; заявитель и патентообладатель Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. – N 2009131266/05; заявл. 17.08.2009; опубл. 10.02.2011, Бюлл. № 4. – 9 с.: ил.
2. Рубцов Д. Е. Аэрозольное загрязнение атмосферы / Д. Е. Рубцов // Успехи современного естествознания, 2010. – № 7. – С. 14.
3. Assessment and Management of Urban Air Quality in Europe (EEA Environmental Monograph), by European Environment Agency (Author), Dorothee A. U. Richter (Editor), W. Peter Williams (Editor), 1998. – 150 p.

## УРАН И ТОРИЙ В БУРЫХ УГЛЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В. И. Вялов<sup>1,2</sup>, А. В. Наставкин<sup>2</sup>, Е. П. Шишов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «ВСЕГЕИ»

Санкт-Петербург, Россия, vladimir\_vyalov@vsegei.ru

<sup>2</sup>Южный федеральный университет

Ростов-на-Дону, Россия, nastavkin@sfedu.ru

## URANIUM AND THORIUM IN BROWN COAL OF THE FAR EAST OF RUSSIA

V. I. Vyalov<sup>1,2</sup>, A. V. Nastavkin<sup>2</sup>, E. P. Shishov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI)

St. Petersburg, Russia, vladimir\_vyalov@vsegei.ru

<sup>2</sup>Southern Federal University

Rostov-on-Don, Russia, nastavkin@sfedu.ru

The article makes an attempt to study the content and distribution of uranium and thorium in brown coal of the Far East of Russia (Primorsky, Khabarovsk, Kamchatka, Magadan, Sakhalin, Jewish Autonomous regions). ICP AES, ICP MS, mass spectrometry with laser ablation, electron microscopy with microanalysis were used. It has been founded out that usually the thorium content is 1.5–3 times higher than the uranium content. Uranium and thorium are characterized by a positive correlation with the ash content of coal. Anomalous concentrations of uranium were recorded in the ash of low ash coal, where they reach commercial levels.

### Введение

Изучение U в углях имеет давнюю историю (см. обзор в [5]). Ураноносность углей Дальнего Востока была описана В. И. Данчевым и Н. П. Стреляновым в 1979 г. в угленосных впадинах кайнозойского возраста, где были выделены так называемые экзодиагенетические месторождения U. При этом были отмечены характерные особенности уранового оруденения углей: приуроченность к ложбинам гранитного фундамента в краевых участках угленосных впадин, пластовая и пластово-линзовидная форма рудных тел, выклинивающих по падению пластов, преобладание органических форм U при подчиненной доле его минеральных носителей [3]. В табл. 149 [5] приведены отрывочные сведения по повышенной ураноносности Лузановского участка Павловского месторож-

дения, а также Раковского месторождения. Данных о концентрациях Th в указанных угольных объектах не приводилось.

В настоящее время исследования урана в углях приобрели дополнительную актуальность из-за лучшей «экологичности» ядерного топлива по сравнению с угольным.

В мире возрастает интерес к торию, как реальной замене урана в качестве топлива в ядерных реакторах, что стимулирует рост внимания к его природным источникам, как правило, комплексным месторождениям различных рудных формаций, с целью выявления среди них наиболее привлекательных объектов ведущих геолого-промышленных типов [4]. При этом рассматриваются даже карбонатиты с содержанием Th 30–40 г/т (месторождение Айрон-Хилл, США) и оценкой ресурсов 24800 тонн Th этого природного объекта [4]. В этой связи, раци-