

Заключение

Для формирования целостной картины радиоэкологической обстановки исследуемых территорий проведена оценка стабильности радиационных показателей современной экологической обстановки.

Село Бородулиха является наиболее стабильным в плане радиоэкологической обстановки населенным пунктом из всех исследуемых. Показатель стабильности для села равен 75 %.

Все остальные населенные пункты относятся к территориям со средней стабильностью радиоэкологической обстановки.

Наименьшая радиоэкологическая стабильность среди изучаемых населенных пунктов наблюдается на территории села Акжар со значением 35 %.

Стабильность радиоэкологических показателей демонстрирует вероятность того, что при более детальном исследовании местности будут получены схожие показатели без значительных отклонений от значений, приведенных в этом исследовании, а также вероятность выравнивания радиоэкологических показателей местности относительно имеющихся средних значений в дальнейшей перспективе.

Литература

1. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Теория вероятностей и прикладная статистика: Учебник – М.: ЮНИТА-ДАНА, 2001. – 655 с.
2. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА И ТОРИЯ НА ТЕРРИТОРИИ г. ЮРГА ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА

Ю. С. Будаева¹, А. В. Таловская¹, Е. Г. Язиков¹, Е. С. Торосян²

¹Томский политехнический университет
Томск, Россия, Julia.Empler@yandex.ru

²Юргинский технологический институт Томского политехнического университета
Юрга, Россия

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF URANIUM AND THORIUM IN THE TERRITORY OF YURGA ACCORDING TO THE DATA OF STUDYING THE SNOW COVER

Y. S. Budaeva¹, A. V. Talovskaya¹, E. G. Yazikov¹, E. S. Torosyan²

¹Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russia, Julia.Empler@yandex.ru

²Yurga Technological Institute
Tomsk Polytechnic University, Russia

In work are presented schematic maps of the spatial distribution of the contents of uranium and thorium from the atmosphere on the snow cover of the territory of Yurga with characteristics of possible sources. The highest total load and the coefficients of the relative increase in the total load of radioactive elements are in the industrial zone and the private sector, from where the contamination goes to other functional areas.

Введение

Радиоактивные элементы – уран и торий входят в состав минеральной части углей в качестве примесей [1, 3]. Обогащенная этими элементами зола в районах расположения угольных теплоэлектростанций формирует радиационное загрязнение окружающей среды [3]. Химическая токсичность аэрозолей урана и способность тория накапливаться в легких, увеличивая риски возникновения рака, вызывает

необходимость изучения распространения этих элементов от источников в районы жилой зоны городов [6, 13].

Поступление радионуклидов в природную среду рассматривается в связи с угольными ТЭЦ, поскольку в районах их расположения в снегу формируются контрастные ореолы с повышенными содержаниями урана и тория [2], которые высвобождаются при сжигании органической части угля вместе с золой уноса [7].

Город Юрга располагается в северо-западной части Кузбасса. Основными отраслями производства в

городе являются металлообрабатывающие заводы, сосредоточенные в промышленной зоне. Поступление радиоактивных элементов может быть связано с ТЭЦ машзавода, обеспечивающая 98 % города центральным теплоснабжением, где в качестве основного теплоресурса используют Кузнецкий уголь, который в виде примесей содержит различными микроэлементами, включает радиоактивные элементы [1, 10], а также в меньшей степени – жилой сектор, в котором для отопления применяют домовые печи.

Целью данной работы является изучение характера распространения и источников поступления радиоактивных элементов (уран и торий) в твердом осадке снега на территории г. Юрга.

Материалы и методы

Снегогеохимическая съемка на территории г. Юрга проводилась в феврале 2016 г. с шагом 500–1000 м. Для отбора использовали метод создания шурфа на всю толщину снегового покрова за исключением 5-ти см над почвенным покровом. Подготовка проб включала таяние снега, фильтрацию снеготалой воды для получения твердого осадка и взвешивание просушенного фильтра в соответствии с методическими рекомендациями ИМГРЭ [4]. Всего было отобрано и подготовлено к анализу 46 проб.

Анализ твердого осадка снега на содержание 28 элементов, включая уран и торий, проводили инструментальным нейтронно-активационным методом на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т НИ ТПУ (аналитики Судыко А. Ф., Богутская Л. В.).

Обработка результатов проводилась на основе эколого-геохимических показателей [4]:

1) Коэффициент концентрации (K_c): $K_c = C/C_\phi$, где C – содержание химического элемента, мг/кг; C_ϕ – фоновое содержание химического элемента, мг/кг.

2) Общая нагрузка элемента на снеговой покров ($P_{\text{общ}}$): $P_{\text{общ}} = C \cdot P_n$, где P_n – пылевая нагрузка на снеговой покров, кг/(км² • х • сут.).

3) Коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента: $K_p = P_{\text{общ}}/P_\phi$, где P_ϕ – фоновая нагрузка исследуемого элемента, мг/(км² • х • сут.).

Фоновые значения брались в соответствии с опубликованными работами и ранее проведенными нами исследованиями [11–12].

Расчеты проводились в программе MS Excel, а статистический анализ данных в ПО «Statistica». Построение карт пространственного распределения элементов по геохимическим показателям в программе Surfer методом Kriging от минимальных величин для содержаний по выборке.

Результаты и их обсуждение

Проведенные ранее нами исследования пылевой нагрузки на снеговой покров города Юрга позволили выявить высокий уровень загрязнения в промышленной зоне, где расположены крупнейшие предприятия города, а также средний уровень загрязнения в жилом секторе [5]. По результатам вещественного анализа было установлено, что высокий уровень пылевой нагрузки формируется за счет

Таблица 1. Элементы описательной статистики содержания урана и тория в пробах твердого осадка снега на территории г. Юрга, мг/кг

Элемент	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
U	8,3	8,0	5,8	11,4	1,4	16,8
Th	16,0	16,1	11,7	26,9	2,6	16,1

Таблица 3. Величина общей нагрузки ($P_{\text{общ}}$) и коэффициента относительного увеличения общей нагрузки (K_p) радиоактивных элементов территории г. Юрга по данным изучения твердого осадка снега

Территория	$P_{\text{общ}}$, г/(кг ² • х • сут.)		K_p	
	U	Th	U	Th
г. Юрга (среднее)	1,4	2,6	995	129
Промышленная зона	2,5	4,6	1445	177
Рекреационная зона	0,7	1,1	467	55,7
Жилая зона:				
– одноэтажная	0,9	1,7	613	85,9
– малоэтажная	0,9	2,1	711	105
– среднеэтажная	0,6	1,2	431	57,9
– высокоэтажная	0,7	1,4	499	69,3

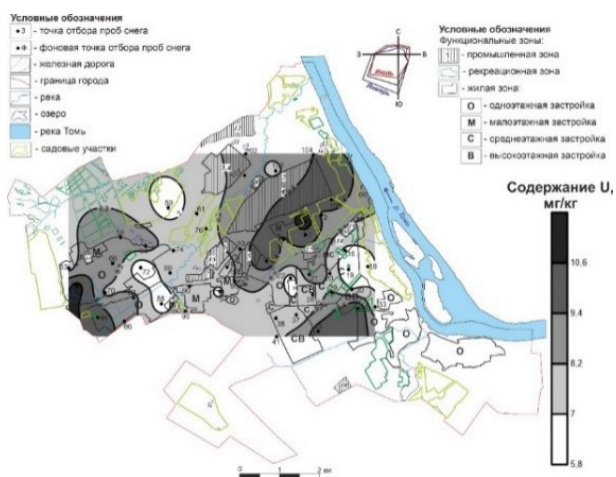


Рис. 1. Карта-схема пространственного распределения содержания урана в твердом осадке на территории г. Юрга, мг/кг

Основные промышленные предприятия и объекты (1–9): 1 – Машзавод, 2 – ТЭЦ, 3 – Ферросплавный завод, 4 – Абразивный завод (закрылся в 2012 г.), 5 – Завод ЮрМашТрио, 6 – Завод по производству строительных материалов, 7 – Молочный завод, 8 – шлакоотвал машзавода, 9 – Энерготранс, 10, 11 – полигон ТБО, 12 – отстойник, 13 – Юргагидравлика, 14 – Городское транспортное предприятие, 15 – Производство упаковочных изделий, ООО, 16 – Производство оборудования для добычи полезных ископаемых и строительства, 17 – Энергосеть, 18 – Хлебзавод, 19 – Мебельная компания.

техногенных частиц разного типа: в большей степени за счет частиц угля, угольной пыли и шлаков, а также алюмосиликатных микросферул [8].

Нами на территории г. Юрга установлен высокий уровень загрязнения снегового покрова 28 химическими элементами. Наибольший вклад в формирование такого уровня загрязнения вносят редкие и редкоземельные элементы, Zn, Ba, Co, Ta, Th, U. Вклад урана в суммарный показатель загрязнения наибольший среди остальных элементов и в среднем составляет 23 %, вклад тория – 3 %.

На территории города для урана и тория характерно однородное распределение в пробах твердого осадка снега, что означает наличие единого источника поступления элементов в окружающую среду (таблица 1–2).

Уран. Содержание урана в твердом осадке снега варьирует от 5,8 до 11,4 мг/кг. Ореолы наиболее высоких содержаний элемента характерны для района расположения ТЭЦ машзавода, окрестностей промышленной зоны с прилегающими садово-дачными участками, частного сектора в западной и юго-восточной частях города (рисунок 1).

Превышение содержания урана над фоном установлено от 29 до 57 раз, наибольшие превышения характерны для промышленного узла и рекреационной зоны в окрестностях частного сектора города (таблица 2), что связано со сжиганием на ТЭЦ и в

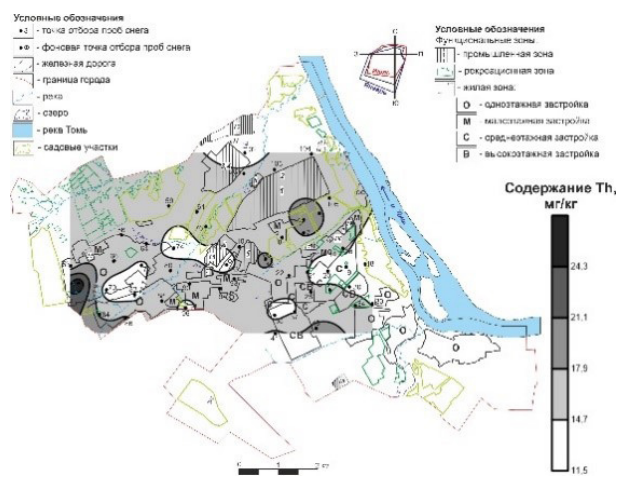


Рис. 2. Карта-схема пространственного распределения содержания тория в твердом осадке снега на территории г. Юрга, мг/кг

домовых печах в частном секторе города кузнецких углей, в которых установлены содержания урана, превышающие средние величины содержания радионуклидов в углях [1, 10]. Кроме того, нами в золе из домашней печи частного сектора г. Юрга, жители которого используют кузнецкий уголь для отопления, установлено высокое содержание этого элемента (14,8 мг/кг). Ореолы высоких содержаний наблюдаются также в прилегающей рекреационной зоне и в районах жилой застройки другой этажности.

Высокая пылевая нагрузка в промышленной зоне обуславливает более высокую общую нагрузку урана в промышленной зоне и более низкую по сравнению со среднегородской в рекреационной и жилой зонах, причем в районе одно- и малоэтажной застройки Робщ несколько выше, чем в зоне рекреации. Коэффициент относительного увеличения общей нагрузки урана наиболее высокий для промышленной зоны и наиболее низкий для рекреационной и жилой средне- и малоэтажных зон (таблица 3).

Торий. Содержание элемента в твердом осадке снега на территории г. Юрга изменяется от 11,7 до 26,9 мг/кг. Ореолы наиболее высоких содержаний тория характерны для тех же районов, что и для урана: окрестности промышленной зоны и частный сектор (рисунок 2).

В золе из домашней печи в частном секторе содержание элемента составляет 28,4 мг/кг. Коэффициенты концентрации для тория варьируют от 4 до 9 раз. Распространение элемента несколько схоже с распространением урана: наибольшие превышения отмечаются в промышленной зоне, жилой одно- и малоэтажной застройке (таблица 2), что говорит о едином источнике поступления этих элементов. Торий также, как и уран, широко распространен в кузнецких углях, он концентрируется главным образом в собственных минеральных формах – фосфатах редкоземельных элементов, поступающих в воздух вместе с золой уноса при сжигании угля [1, 10].

Таблица 2. Величина содержания (С), торий-уранового отношения (Th/U) и коэффициента концентрации (K_c) радиоактивных элементов в твердом осадке снега территории г. Юрга

Территория	Содержание, мг/кг		Th/U, ед.	K _c	
	U	Th		U	Th
г. Юрга (среднее)	$\frac{8,3}{5,8 - 11,4}$ 46	$\frac{16}{11,7 - 26,9}$ 46	1,9	$\frac{41,5}{29,2 - 56,7}$ 46	$\frac{5,5}{4,04 - 9,3}$ 46
Промышленная зона	$\frac{8,7}{6,1 - 11,4}$ 16	$\frac{16,3}{12,5 - 19,9}$ 16	1,8	$\frac{43,8}{30,6 - 56,7}$ 16	$\frac{5,6}{4,3 - 6,9}$ 16
Рекреационная зона	$\frac{9,1}{6,9 - 10,8}$ 4	$\frac{15,5}{11,7 - 17,7}$ 4	1,7	$\frac{45,4}{34,9 - 53,8}$ 4	$\frac{5,3}{4,0 - 6,1}$ 4
Жилая зона:					
– одноэтажная	$\frac{8,1}{5,8 - 11,2}$ 13	$\frac{16,4}{12,6 - 26,9}$ 13	2,0	$\frac{40,3}{29,2 - 55,8}$ 13	$\frac{5,6}{4,3 - 9,3}$ 13
– малоэтажная	$\frac{7,4}{6,7 - 7,9}$ 4	$\frac{16,1}{13,5 - 17,9}$ 4	2,2	$\frac{37,2}{33,7 - 41,7}$ 4	$\frac{5,6}{4,6 - 6,2}$ 4
– среднеэтажная	$\frac{7,8}{5,8 - 10,1}$ 10	$\frac{15,1}{11,9 - 18,9}$ 10	1,9	$\frac{38,8}{29,2 - 50,4}$ 10	$\frac{5,2}{4,1 - 6,5}$ 10
– высокоэтажная	$\frac{7,9}{6,9 - 10,1}$ 6	$\frac{15,8}{13,6 - 18,9}$ 6	2,0	$\frac{39,8}{34,9 - 50,4}$ 6	$\frac{5,5}{4,7 - 6,5}$ 6

Примечание: в числителе – среднее, в знаменателе – минимальное и максимальное содержание, справа – количество проб.

Общая нагрузка тория наиболее высокая так же, как и для урана, наблюдается в промышленной зоне города. В рекреационной и жилой зонах она находится ниже уровня среднегородской и только на территории малоэтажной застройки – сопоставима с ней. Коэффициент относительного увеличения общей нагрузки тория наиболее высокий для промышленной зоны и наиболее низкий для рекреационной и жилой средне- и высокоэтажных зон (таблица 3).

По величине торий-уранового отношения в твердом осадке снега территории г. Юрга (в среднем равное 1,9) он относится к урбанизированным территориям под влиянием теплоэнергетического комплекса [7].

Литература

- Арбузов С. И. Металлоносность углей Сибири // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 77–83.
- Артамонова С. Ю. Уран и торий в аэрозольных выпадениях г. Новосибирска и его окрестностей (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2020. – Т. 331. – № 7. – С. 212–223.
- Кизильштейн Л. Я. Угольные примеси – ценные и коварные // Наука и жизнь. – М., 2014. – С. 70–75.
- Методические рекомендации, по геохимической оценке, загрязнения территории городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.
- Мониторинг пылевого загрязнения городских агломераций Западной Сибири по данным изучения снежного покрова / А. В. Таловская [и др.] // Современные проблемы географии и геологии к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Томск, НИ ТГУ, 2017. – С. 540–544.
- Петрина Л. С. Химическая и радиационная опасность аэрозолей урана // Атомная энергия, 2008. – Т. 5. – Вып. 1. – С. 48–53.
- Радиоактивные элементы в атмосферных выпадениях снегового покрова урбанизированных

Заключение

В работе рассмотрен характер распределения содержания урана и тория в твердом осадке снега на территории г. Юрга. Ореолы высоких содержаний приурочены к району расположения ТЭЦ, расположенного в промышленной зоне, и к частному сектору с печным отоплением. Уран и торий в составе золы уноса в атмосферном воздухе могут распространяться в остальные районы города – рекреационную и жилую зоны.

- территориях / Е. Г. Языков [и др.] // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. – Томск, 2016. – С. 747–751.
8. Техногенные частицы в твердом осадке снега как индикаторы загрязнения городской территории (г. Юрга, Кемеровская область) / Ю. С. Будаева, А. В. Таловская // Геоэкология: теория и практика: сборник научных трудов Всероссийской студенческой конференции с международным участием. – М.: РУДН, 2020. – С. 72–80.
 9. Технология металлов и материаловедение / Б. В. Кнорозов [и др.]. – М.: Металлургия, 1987. – 799 с.
 10. Угли Кузбасса: химические элементы-примеси и технологии их извлечения при комплексном освоении месторождений / Б. Ф. Нифантов [и др.]. – Кемерово: ИУ СО РАН, 2011. – 310 с.
 11. Шатилов А. Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2001. – 24 с.
 12. Языков Е. Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: автореф. дис. ... д-р. геол.-мин. наук. – Томск, 2006. – 47 с.
 13. Health effects following long-term exposure to thorium dusts: a twenty-year follow-up study in China / X. A. Chen et. al. // Radioprotection, 2004. – Vol. 39. – № 4. – P. 525–533.

РАДИОАКТИВНОСТЬ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Буреаева¹, Т. М. Минкина², А. В. Огиенко³, Е. Ю. Антонова³, И. С. Ревнивцев³,
К. А. Калашникова³, О. В. Каменев³, А. Е. Шадин³, Т. А. Михайлова¹

¹Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета
Ростов-на-Дону, Россия, buraeva@sfedu.ru

²Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета
Ростов-на-Дону, Россия, minkina@sfedu.ru

³Физический факультета Южного федерального университета
Ростов-на-Дону, Россия, ahk063@gmail.com

RADIOACTIVITY OF URBAN AND RURAL SETTLEMENTS OF THE ROSTOV REGION

E. A. Buraeva¹, T. M. Minkina², A. V. Ogienko³, E. Yu. Antonova³, I. S. Revnivitsev³,
K. A. Kalashnikova³, O. V. Kamenev³, A. E. Shadin³, T. A. Mikhaylova¹

¹Research Institute of Physics, Southern Federal University
Rostov-on-Don, Russia, buraeva@sfedu.ru

²Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University
Rostov-on-Don, Russia, minkina@sfedu.ru

³Faculty of Physics, Southern Federal University
Rostov-on-Don, Russia, ahk063@gmail.com

Введение

Ионизирующее излучение от природных источников, таких как естественные радионуклиды земного происхождения и космическое излучение, вносит наибольший вклад в формирование эффективной дозы облучения, получаемой населением ежегодно [1–3]. Показано, что эффективная доза, обусловленная космическим излучением, зависит от высоты над уровнем моря и солнечной активности [1, 4]. Эффективная доза от земных радионуклидов определяется геологическим строением региона, таким как состав подстилающих пород, активность тектонических нарушений, развитие экзогенных геологических процессов и т. д. Эффективная доза от земных радио-

нуклидов обусловлена излучением естественных радионуклидов (²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K), которые содержатся в почвах и обнаженных породах территории [4, 5], излучением искусственного радионуклида ¹³⁷Cs [6], который за последние 70 лет стал частью естественного радиационного фона, а также эманацией радиоактивного газа ²²²Rn с поверхности почвы [4, 7].

На урбанизированных территориях дополнительными источниками ионизирующих излучений могут являться выхлопы автотранспорта, выбросы предприятий, работающих на угле и газе, добыча полезных ископаемых, использование при строительстве природных материалов с повышенным содержанием радионуклидов и др.