

УДК 550.42

DOI: 10.17223/00213411/64/2-2/52

Г.А. КОЛОТКОВ¹, П.Н. МАТИНА²

ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УРАНА, ТОРИЯ И КАЛИЯ В ПОЧВАХ ЮГО-ВОСТОКА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ *

Актуальность работы связана с разработкой нового подхода дистанционного мониторинга повышенной радиоактивности почв с использованием бортового радиометра, регистрирующего косвенные эффекты, проявляющиеся в среде. Данный вопрос актуален в районах с высоким показателем радиоэкологических рисков для населения. Методом полевой гамма-спектрометрической съемки проведена количественная оценка естественных радионуклидов в почвах юго-востока Томской области. Данные о радионуклидном составе почв, а именно содержании урана, тория и калия, позволяют установить причины повышенной концентрации (природные или техногенные) и оценить степень опасности для населения. Повышенное содержание тория обнаружено в почвах п. Светлого, д. Кусково, ТГОК «Ильменит» Александровского участка, с. Зоркальцево, а урана – в пробах в п. Кузовлево, п. Надежда, ТГОК «Ильменит».

Ключевые слова: гамма-спектрометрия, радионуклиды, почвы, калий, уран, торий.

Введение

Миграция и накопление радиоактивных элементов – это сложные процессы, на которые влияет множество факторов природной среды. Индикаторные химические элементы в различных компонентах ландшафта образуют единую структуру геохимического пространства. В настоящее время источники радиоактивных веществ, представляющих опасность для живой природы, имеют различный генезис, формы их нахождения и закономерности миграционных процессов в окружающей среде постоянно усложняются, а в районах распространения радиоактивных пород и почв наблюдается высокая заболеваемость населения [1].

Повышенная концентрация радиоактивных элементов может быть связана как с природными факторами (месторождения редких и редкоземельных металлов, ореолы рассеяния и т.д.), так и с антропогенными (испытания ядерного оружия, аварии и выбросы предприятий ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), разработка месторождений полезных ископаемых, захоронение радиоактивных отходов и т.д.). При обнаружении зоны с высокой степенью нарушения радиоактивного равновесия в почвах, могут быть выявлены несанкционированные захоронения радиоактивных отходов. Поэтому радиоактивные элементы изучаются с целью решения многих научных вопросов, таких, как исследование различных геохимических процессов, оценка экологической обстановки и мониторинг радиационного фона, и разработки новых методов разведки месторождений полезных ископаемых [2].

Изучение радионуклидного состава почв проводилось в рамках первого этапа реализации гранта КИАС РФФИ 20-35-90046 «Аспиранты». Для измерений содержания таких элементов, как калий, уран и торий, использовались полевые гамма-спектрометрические методы, а именно разработанный для полевых измерений K, U, Th портативный гамма-спектрометр GS 512. Полевая гамма-спектрометрия применяется в разведке полезных ископаемых, при выполнении геофизической съемки, наблюдении за естественным радиоактивным фоном, оценке радиоактивности природных и антропогенных объектов. Набирается база данных по K, U, Th, которая в настоящий момент содержит около 30 проб и будет расширяться. Образцы почв отобраны с верхних горизонтов почвенного профиля, так как радионуклиды распределяются довольно равномерно по всему профилю. Образующие радиоактивные осадки радионуклиды также концентрируются в поверхностном слое почвы толщиной 2–20 см [3].

Содержание естественных радионуклидов в почвах юго-востока Томской области

Целью данного исследования является получение данных, необходимых для анализа и количественной оценки содержания радионуклидов (источников гамма-излучения) в почвах, а также

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90046 «Аспиранты» и в рамках научного проекта № АААА-А17-117033010037-0.

для выявления радиоактивных аномалий, объективной оценки угрозы для населения и прогноза развития радиационной ситуации самой густонаселенной юго-восточной части Томской области. Радиоактивность почвообразующих пород определяет среднее содержание естественных радионуклидов в почве. Основными источниками гамма-излучения в природной среде являются калий К, уран U и торий Th. Излучаемые ими гамма-кванты попадают в энергетический интервал до 2615 кэВ. Гамма-спектрометрическое определение содержания калия основано на регистрации радиоактивного изотопа калия ^{40}K , доля которого в естественных изотопах калия составляет 0.012%. Определение содержания калия является прямым, и результаты в области геохимии и геофизики выражаются в процентах концентрации по массе. Содержание калия в почвах зависит, прежде всего, от их минералогического и гранулометрического состава. Самая высокая концентрация калия наблюдается в черноземах, а самая низкая – в супесчаных дерново-подзолистых почвах. Содержание тория и урана выражается в гр/т. Содержание тория в почвах регионов Сибири устойчиво, а содержание урана возрастает в аридном климате. Районы, подверженные влиянию предприятий ЯТЦ, отличаются повышенным содержанием изотопов урана в природных средах, в том числе и почвах. Усредненные значения по почвам Западно-Сибирской низменности составляют для калия – 1.7%, урана – 1.5 г/т, тория – 6.5 г/т [4].

В качестве объектов исследования использовали пробы почв, отобранные в населенных пунктах Томской области (50–60 км от г. Томска) в летне-осенний период 2020 г. как в ближней зоне влияния Сибирского химического комбината (СХК) по «розе ветров» (рис. 1), по оси радиоактивного следа, образовавшегося в результате аварии 1993 г., так и на значительном расстоянии от СХК, к западу от г. Томска (рис. 2) [5].

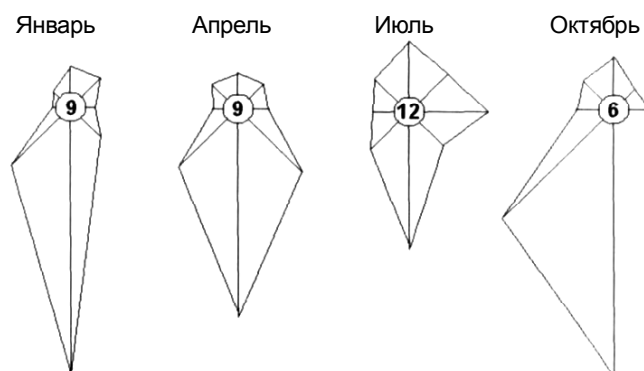


Рис. 1. Роза ветров, г. Томск [6]



Рис. 2. Населенные пункты Томской области, где проводились замеры гамма-спектрометром

Уровень содержания К, U и Th в пробах почв изученной территории соответствует данным других исследователей и, в целом, близок к этим значениям (табл. 1) [4].

Таблица 1

Содержание естественных радионуклидов в почвах Томской области, степной и таежной зоны Сибири (2010 г.) [4]

Область исследования	U, г/т	Th, г/т	K, %
Томская область, включая зону влияния СХК	2.5–2.6	9.6–10.8	1.7
Усредненные значения по таежной зоне Сибири	2 (0.4–3.1)	5.7 (1.7–8.1)	1.6 (1.3–2.1)
Усредненные значения по степной зоне Сибири	1.8 (0.7–2.8)	7.3 (3.0–17)	1.9 (1.3–2.7)

Анализ полученных данных показал, что наблюдается превышение содержания урана в почвах по сравнению со средними значениями по почвам Сибири. Вышефоновые содержания урана в почвах (с превышением регионального фона в 2 раза и более) обнаружены в пробах в п. Кузовлево (3.3 г/т), п. Надежда (3.9 г/т) и в пробе, отобранной на территории Туганского горно-обогатительного комбината (ТГОК) «Ильменит» (3.9 г/т). Поселки Кузовлево и Надежда находятся в районе действия СХК, где отмечаются более высокие концентрации урана. Повышенное содержание радионуклидов урана и тория в пробах почв ТГОК объясняется тем, что руды и минералы, содержащиеся в комплексе РЗМ, как правило, содержат природные радиоактивные изотопы, и наиболее высокая естественная радиоактивность обнаруживается в почвах, которые формировались на высокорadioактивных гранитах.

Повышенное содержание тория обнаружено в почвах п. Светлого (8.6 г/т), д. Кусково (7 г/т), ТГОК «Ильменит» (8.6 г/т), с. Зоркальцево (7 г/т). Концентрация в почвах тория обусловлена минералогическим составом почвогрунтов и гипсометрическим положением пунктов отбора проб, а в некоторых случаях – техногенной нагрузкой. На текущем этапе рассматриваемых данных недостаточно для корректной оценки и разделения радионуклидов по происхождению на природные и техногенные. Участки с явным превышением требуют детальных исследований.

Зафиксированное процентное содержание калия в почве на территории исследования колеблется от 0.4 до 1.3%, что на порядок ниже усредненных значений по Сибири. Пробы отобраны на территориях, где преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы, которые характеризуются самыми низкими концентрациями (табл. 2).

Таким образом, повышенные концентрации урана, тория и калия, имеют локальный характер и не занимают большую площадь на территории юго-востока Томской области.

Таблица 2

Содержание естественных радионуклидов в почвах исследуемого района (2020 г.)

Место взятия пробы	Координаты	K, %	U, г/т	Th, г/т
п. Светлый	N56°33'55.3 E085°07'47.3	1.3	2.9	8.6
п. Кузовлево	N56°34'51.9 E085°00'37.4	1.1	3.3	4.6
п. Надежда	N56°43'35.9 E085°03'18.8	1	3.9	5.9
д. Георгиевка	N56°47'04.8 E085°07'47.3	1	2.9	3.7
д. Наумовка	N56°43'24.8 E085°06'24.1	1	2.1	4.3
42 км дорога Томск-Самусь	N56°44'27.3 E084°47'50.3	1.2	1.2	6.0
п. Самусь	N56°44'38.5 E084°43'43.7	0.8	1.4	2.6

Окончание табл. 2

Место взятия пробы	Координаты	K, %	U, г/т	Th, г/т
д. Кусково	N56°38'33.7 E085°14'12.0	1.2	2.2	7.0
п. Молодежный	N56°40'50.3 E085°20'10.2	1	3.5	4.5
ТГОК «Ильменит», Транспортно-логистический терминал	N56°42'22.1 E085°20'44.7	1.2	2.0	6.6
с. Октябрьское	N56°43'22.2 E085°24'30.6	1	1.7	5.5
с. Александровское	N56°43'20.1 E085°22'26.3	0.9	1.8	2.8
ТГОК «Ильменит» Александровского участка	N56°43'20.1 E085°22'26.3	0.4	3.9	8.6
с. Тимирязевское	N56°28'51.8 E084°52'51.8	1.2	0.3	2.9
с. Зоркалеццево	N56°32'36.4 E084°40'03.0	1.3	2.7	7.0
п. Победа	N56°31'30.0 E084°10'15.1	1	1.5	1.7
с. Мельниково	N56°33'24.5 E084°02'35.0	1.2	2.2	5.9
с. Каргала	N56°37'09.7 E083°57'20.1	1.2	2.1	7.6
с. Баткат	N56°36'24.6 E083°57'52.8	1.3	2.0	5.1
д. Астраханцево	N56°27'35.1 E084°07'55.8	1.1	1.1	4.7
д. Чернышевка	N56°32'28.3 E084°22'17.0	1.1	2.4	4.4
д. Нелюбино	N56°33'27.5 E084°33'01.1	1.3	1.5	6.4

Выводы

С помощью гамма-спектрометрии могут быть оценены общие закономерности пространственной локализации геохимических показателей, а именно гамма-излучения в почвах. Для количественной оценки выбросов в атмосферу радионуклидов искусственного происхождения, которые разносятся на большие расстояния, необходимо фиксировать содержания изотопов ^{137}Cs и ^{134}Cs , где их количественное содержание будет выражаться поверхностной активностью. Об уровне радиации и изотопном составе радиоактивных осадков в начальной стадии загрязнения можно судить на основании анализа энергетического спектра зарегистрированного гамма-излучения.

Дальнейшие исследования позволят составить геоинформационные карты для интерпретации полученных результатов и выявления природных и техногенных процессов, влияющих на концентрацию и миграцию радионуклидов, а также определить закономерности и дать комплексную оценку радиационного фона изучаемой территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злобина А.Н., Рихванов Л.П., Барановская Н.В. и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 3. – С. 111–125. DOI: 10.18799/24131830/2019/3/172.
2. Соболев И.С. // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 1 – С. 90–96.
3. Гудзенко В.В. // Спелеология и карстология. – Симферополь, 2009. – № 2. – С. 88–91.

4. Рихванов Л.П., Страховенко В.Д., Маликова И.Н. и др. // Междунар. науч.-практич. конф. «Радиоэкология XXI века», сб. материалов [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011.
5. Kolotkov G.A., Penin S.T., and Matina P.N. // Proc. SPIE. – 2018. DOI: 10.1117/12.2505805.
6. География Томской области / под ред. А.А. Земцова. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. – 246 с.

Поступила в редакцию 20.10.2020.

¹ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия

Колотков Геннадий Александрович, к.т.н., ст. науч. сотр. ИОА СО РАН, e-mail: kolotkov@iao.ru;

Матина Полина Николаевна, мл. науч. сотр. НИ ТГУ, e-mail: matina_polina@mail.ru.

G.A. KOLOTKOV¹, P.N. MATINA²

GAMMA-SPECTROMETRIC DETERMINATION OF URANIUM, TORIUM AND POTASSIUM CONTENT IN SOILS OF SOUTH-EAST OF TOMSK REGION

A quantitative assessment of natural radio nuclides in the soils of the south-east of the Tomsk region was carried out by the method of field gamma-spectrometric survey. Data on the radionuclide composition of soils, namely the content of uranium, thorium and potassium, make it possible to establish the reasons for the increased concentration (natural or man-made) and assess the degree of danger to the population. The increased content of thorium was found in the soils of the v. Svetly, the v. Kuskovo, TGOK «Ilmenite», s. Zorkaltsevo, and uranium in samples in p. Kuzovlevo, p. Nadezhda, TGOK «Ilmenite».

Keywords: *gamma spectrometry, radionuclides, soils, potassium, uranium, thorium.*

¹ V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

² National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Kolotkov Gennady Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher IAO SB RAS, e-mail: kolotkov@iao.ru;

Matina Polina Nikolaevna, Junior Researcher NR TSU, e-mail: matina_polina@mail.ru.