

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМОРДИАЛЬНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ТУФОВЫХ МИНЕРАЛАХ

Карданов Т.Я., Масаев А.М., Масаев М.Б. *, Савинцев А.П.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

***masmartin@mail.ru**

Исследована степень загрязнения туфовых минералов примордиальными радионуклидами для выработки рекомендаций по их использованию. В основе метода лежит измерение содержания радионуклидов по их удельной активности в условиях пониженного космогенного фона.

Ключевые слова: примордиальные радионуклиды, удельная активность, спектрометрия, туф

INVESTIGATION OF THE COMPOSITION AND CONCENTRATION OF PRIMORDIAL RADIONUCLIDES IN TUFF MINERALS

Kardanov T.Ya., Masaev A.M., Masaev M.B., Savintsev A.P.

Kabardino-Balkarian State University

The degree of contamination of tuff minerals with primordial radionuclides was studied to develop recommendations for their use. The method is based on measuring the content of radionuclides by their specific activity under conditions of reduced cosmogenic background.

Keywords: primordial radionuclides, specific activity, spectrometry, tuff

Введение

Основную роль в формировании дозовых нагрузок в экосистеме человека играют природные (примордиальные) радионуклиды [1], присутствующие, в частности, в строительных материалах минерального состава. Особое место в ряду подобных природных материалов занимает туф, минерал вулканического происхождения. При аномально высокой концентрации природные радионуклиды в составе туфовых минералов [2] становятся критическим звеном в экосистеме человека, вызывая неустранимые дозовые нагрузки и оказывая неблагоприятное воздействие на организм человека [3].

В работе была поставлена задача исследования естественной радиационной активности туфовых минералов, добываемых на территории КБР, для определения степени их загрязнения примордиальными радионуклидами. Для выполнения задачи необходимо было измерить удельные эффективные активности [4], и определить состав примордиальных радионуклидов.

Экспериментальная установка и результаты измерений

Для измерения активности природных радионуклидов в образцах туфа была использована экспериментальная установка на базе спектрометра МКГБ-01 «РАДЭК» высокого разрешения.

Спектрометр МКГБ-01 РАДЭК, представленный на рисунках 1 и 2, имеет следующие характеристики: диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения составляет от 40 до 3000 кэВ; разрешение для энергии 661,7 кэВ при измерении с радионуклидным источником типа ОСГИ не более 9,5 % для БДЭГ-80.



Рисунок 1 – Общий вид сцинтилляционного спектрометра МКГБ-01 «РАДЭК» в составе: 1 – пассивная защита в виде свинцового контейнера со сдвигаемой крышкой с механическим приводом; 2 – ПК с модулем расширения АЦП и рабочей программой анализатора для визуализации спектра регистрируемых гамма-квантов; 3 – станина для защитного контейнера со сцинтилляционным детектором внутри



Рисунок 2 – Вид спектрометра внутри контейнера: 1 – сцинтилляционный детектор МКГБ-01 «РАДЭК» в свинцовом контейнере в пассивной защите (толщина стенок 100 мм, 4л – геометрия); 2 – бериллиевое окно детектора; 3 – крышка контейнера

Измерения проводились в низкофоновых условиях совместной (КБГУ и ИЯИ РАН) лаборатории АФКЛ. Снижение космогенного фона производилось, как за счет 4л геометрии пассивной защиты из свинца (100 мм) самого спектрометра, так и за счет 4л геометрии пассивной защиты стен заглубленного в грунт помещения (толщина стен – 2 м, бетон плотностью 800 г/см²).

До начала измерений была выполнена калибровка спектрометра с помощью источника ⁶⁰Со по гамма-линиям 1,17, и 1,33 МэВ.

Результат измерений активности образца вулканической брекчии розового туфа в виде гамма-спектра представлен на рисунке 3.

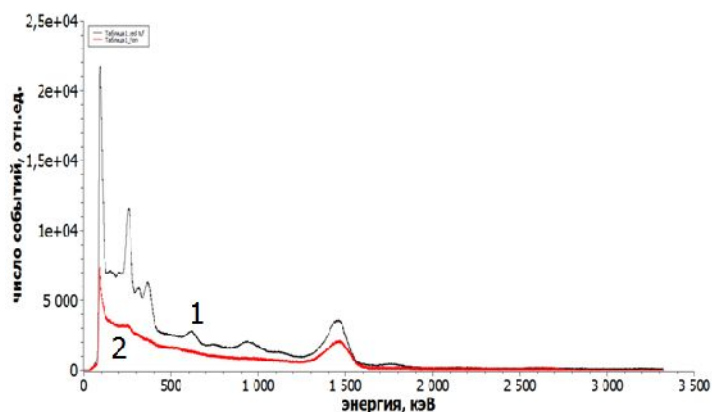


Рисунок 3 – Гамма-спектр: 1 – образец вулканической брекчии розового туфа; 2 – фоновая подложка

На рисунке 4 представлен итоговый гамма-спектр за вычетом фона, на котором идентифицированы наиболее яркие гамма-пики полного поглощения. Образцы вулканической брекчии розового туфа были собраны на берегу р. Баксан в районе п. Эльбрус.

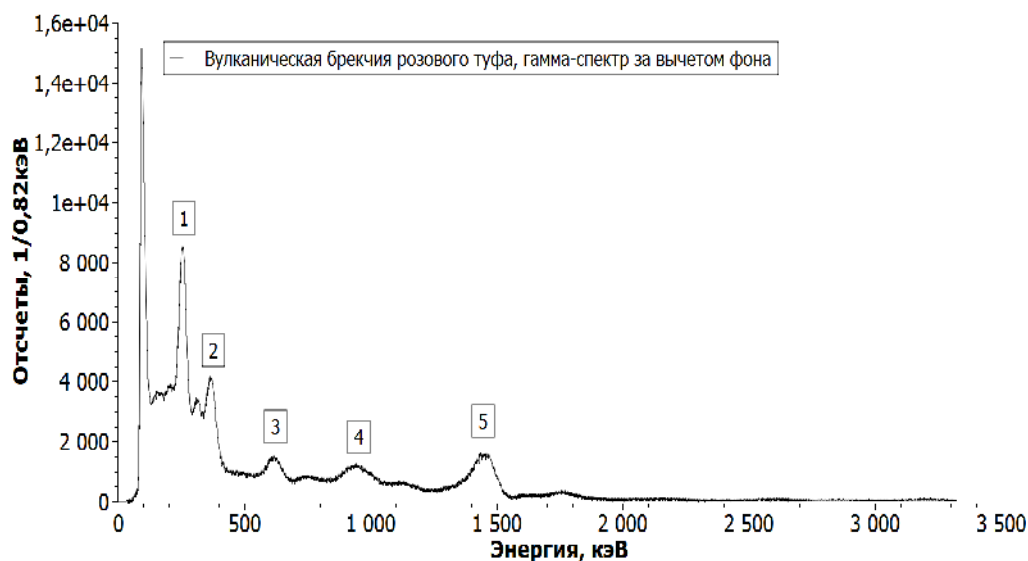


Рисунок 4 – Гамма-спектр (с вычетом фона) образца вулканической брекчии розового туфа, собранного на берегу р. Баксан в районе п. Эльбрус, с пиками полного поглощения: 1 – ^{212}Pb с энергией 239 кэВ (43 %); 2 – ^{214}Pb с энергией 352 кэВ (38 %); 3 – ^{214}Bi с энергией 609 кэВ (46 %); 4 – ^{228}Ac с энергией 968 кэВ (21 %); 5 – ^{40}K с энергией 1462 кэВ (10,7 %). Время экспозиции – 20 часов

На рисунках 5–7 представлены результаты обработки спектров на ПК. С помощью программы SciDAVis пики полного поглощения были аппроксимированы гауссианами, из спектра была вычтена фоновая подложка.

Точное число полезных событий определялось по площади наблюдаемых пиков ^{212}Pb , ^{214}Bi и ^{40}K .

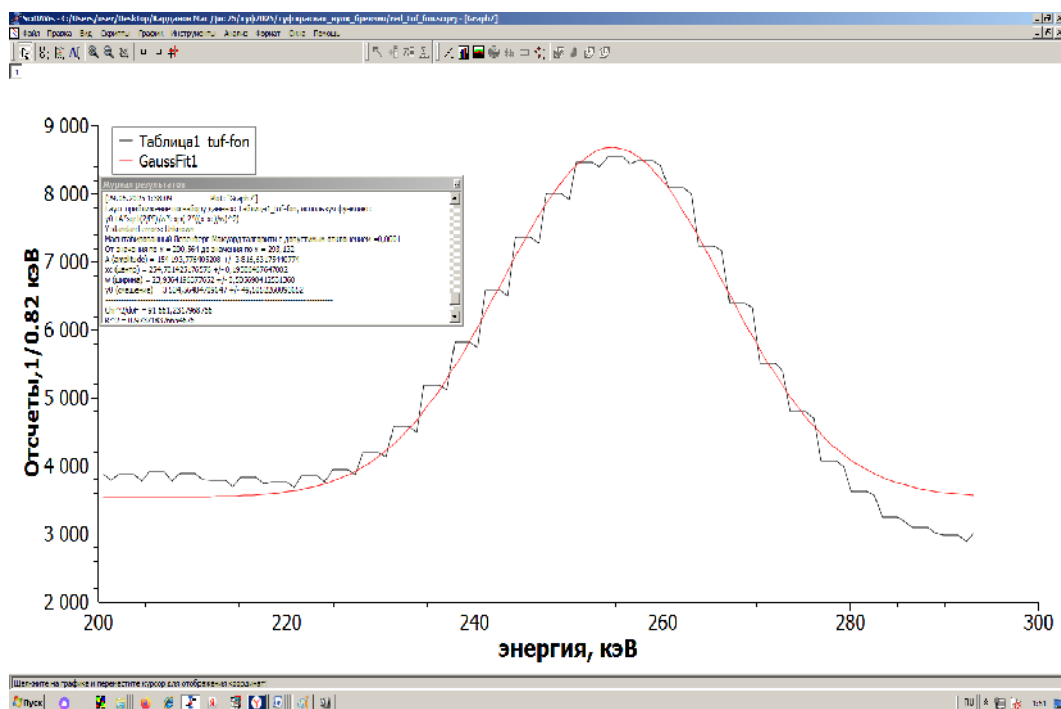


Рисунок 5 – Пик полного поглощения ^{212}Pb за вычетом фона за 20 часов измерений

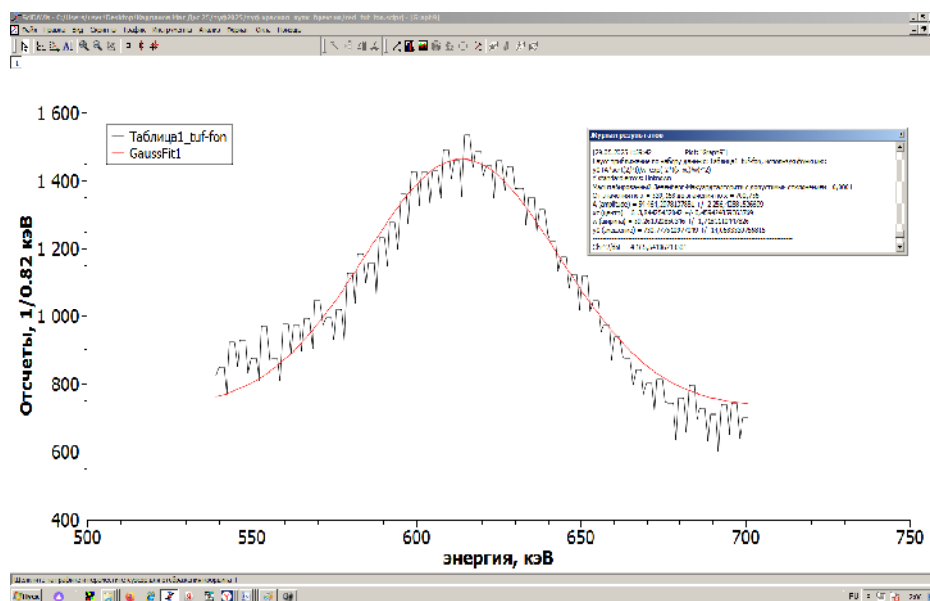


Рисунок 6 – Пик полного поглощения ^{214}Bi за вычетом фона за 20 часов измерений

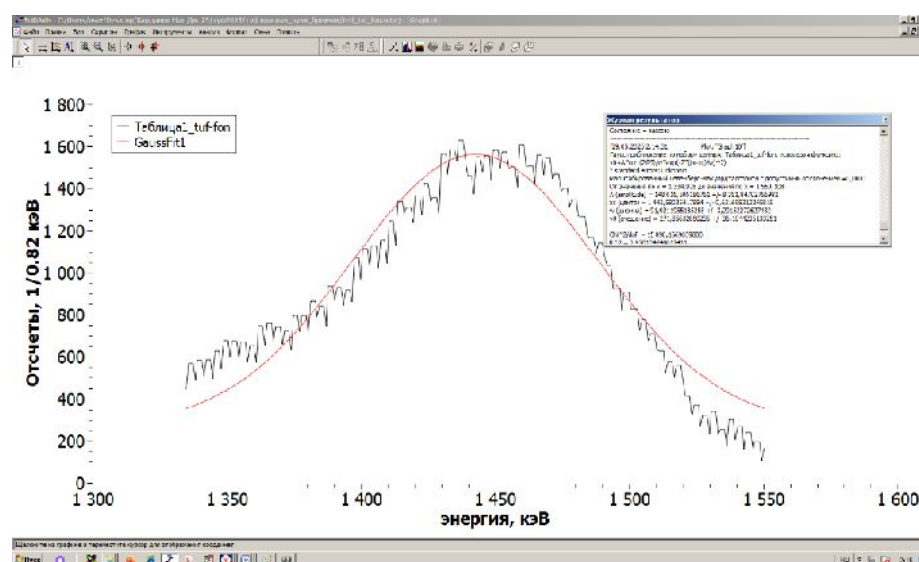


Рисунок 7 – Пик полного поглощения ^{40}K за вычетом фона за 20 часов измерений

Для оценки эффективности регистрации гамма-квантов от распадов примордиальных радионуклидов можно использовать число регистрируемых гамма-квантов на 1 распад изотопа, которое составляет: для ^{40}K – 0,01861; для ^{212}Pb – 0,258, а для ^{214}Bi – 0,17112.

Была определена удельная активность исследуемого образца брекчий из розового вулканического туфа массой 149 г с учетом эффективности регистрации и времени измерений 20 часов.

Для ^{212}Pb активность на 1 кг образца составляла 55,7 Бк/кг, для ^{214}Bi – 29,7 Бк/кг, а для ^{40}K – 744,3 Бк/кг.

Все рассмотренные радионуклиды являются примордиальными радионуклидами, представляющими то вещество, из которого образовалась наша планета. Данные радионуклиды находятся в рассеянном состоянии во всех минеральных компонентах природной среды [5].

По результатам исследований различных туфов был сделан вывод, что из трех видов туфовых пород в природных вулканических рекреациях КБР самыми активными являются пирокластические [6], вулканические туфы, сформированные в виде брекчий, а кремнистые и известковые туфы [7, 8] из гейзеров и минеральных источников гораздо менее радиоактивны.

Выводы

1. Тестовые измерения гамма-активности природных радионуклидов в образцах туфовых пород КБР дают, главным образом, гамма-линии ^{212}Pb ($E_\gamma=238$ кэВ), ^{214}Bi ($E_\gamma=609$ кэВ) и ^{40}K ($E_\gamma=1460,2$ кэВ).
2. Пересчет удельной активности на единицу массы образца розового вулканического туфа показал, что содержание первичных радионуклидов по ^{212}Pb составило 55,7 Бк/кг, по ^{214}Bi 29,7 Бк/кг и по ^{40}K 744,3 Бк/кг.
3. Розовый вулканический туф может применяться для дорожных работ вне населенного пункта.

Библиография

1. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. М.: Энергоатомиздат, 1989. 304 с.
2. Титаева Н.А. Геохимия природных радиоактивных рядов распада. М.: Геос, 2005. 225 с.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Санитарные правила. СП 2.6.1.758-99 / утв. Минздравом РФ от 02.07.1999. // Библиотека Российской газеты. Вып. 16. 2001.
4. ГОСТ 30108-94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов.
5. Сугробов Н.П., Фролов В.В. Строительная экология. М.: Академия, 2004. 413 с.
6. Пирокластические породы // Советская энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М., 1969–1978. Т. 19. С. 558.
7. Интернет источник: <https://tabl.god-tigra.ru/poleznyye-iskopayemyye-kbr-tablitsa>.
8. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. М.: МГУ, 2000. 336 с.