

## **АКТИВНОСТЬ ТОРИЯ-232 В ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН: СОВРЕМЕННАЯ СИТУАЦИЯ**

**Бадрутдинов О.Р., Гарынцев И.С., Сычев К.В., Тюменев Р.С., Шуралев Э.А.**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

**Аннотация.** В статье представлены результаты измерения удельной активности тория-232 в почвах Республики Татарстан. Исследования проводились в период 2019-2020 гг. Гамма-спектрометрические исследования удельной активности естественного радионуклида тория-232 в отобранных пробах показали, что активность  $^{232}\text{Th}$  в нижнем слое почвенного покрова Республики Татарстан находится в пределах от 1,01 Бк/кг до 78,6 Бк/кг, в верхнем варьируется от 0,8 Бк/кг до 60,5 Бк/кг. Средние значения составляют 22,7 Бк/кг и 21,5 Бк/кг соответственно. Полученные значения не выходят за пределы содержания тория -232 в почвах Русской равнины.

**Ключевые слова:** торий-232, удельная активность, гамма-спектрометрия, почвы, Республика Татарстан.

## **THE ACTIVITY OF THORIUM-232 IN SOILS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN: CURRENT SITUATION**

**Badrutdinov O.R., Garyncev I.S., Sychev K.V., Tyumenev R.S., Shuralev E.A.**

*Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia*

**Abstract.** The article presents the results of measuring the specific activity of thorium-232 in the soils of the Republic of Tatarstan. The studies were carried out in the period 2019-2020. Gamma spectrometric studies of the specific activity of the natural radionuclide thorium-232 in selected samples showed that the activity of  $^{232}\text{Th}$  in the lower layer of the soil cover of the Republic of Tatarstan ranges from 1.01 Bq/kg to 78.6 Bq/kg, in the upper layer it varies from 0.8 Bq/kg to 60.5 Bq/kg. The average values are 22.7 Bq/kg and 21.5 Bq/kg, respectively. The obtained values do not go beyond the content of thorium-232 in the soils of the Russian Plain.

**Keywords:** thorium-232, specific activity, gamma spectrometry, soils, Republic of Tatarstan

**Введение.** Для оценки состояния радиационной безопасности применяется показатель радиационного риска, который характеризует суммарную годовую накопленную эффективную дозу, полученную от всех источников излучения. Влияние каждого источника излучения принято оценивать по его вкладу в суммарную эффективную дозу [1-3].

Торий-232 является одним из естественных радиоактивных элементов, который формирует дозу облучения человека. Целью работы является исследование удельной активности тория -232 в почвах Республики Татарстан и выявление аномальных проб.

**Материалы и методы.** Всего на территории Республики Татарстан было отобрано для анализа 416 проб. Пробы отбирались на двух уровнях: в верхнем 5-сантиметровом слое и нижнем на глубине штыка лопаты (20-30 см). Для отбора проб использовался метод «конверта», в котором предполагается взятие пяти точечных проб по углам и в центре участка. Полученные пять образцов объединяли, смешивали и уменьшали методом

квартования для создания одного объединенного образца объемом 1 л. В качестве инвентаря использовались стандартные металлические кольца высотой 50–200 мм и диаметром 140мм или лопата. Координаты каждой точки отбора проб фиксировались с помощью GPS-навигатора. После транспортирования в лабораторию пробы подготавливались к анализу. Для этого они просушивались при комнатной температуре до воздушно - сухого состояния и просеивались для получения гомогенной массы. Из отобранных проб изготавливались счетные образцы, объемом 1 л. На рисунке 1 представлена карта-схема точек отбора проб почвы на территории Республики Татарстан.



Рисунок 1 – Карта- схема точек отбора проб на территории Республики Татарстан

Построение карт было выполнено с помощью программы «Surfer 25».

Для измерения удельной активности тория-232 применялся поверенный сцинтилляционный гамма-спектрометр «Прогресс-5».

**Результаты исследований.** Для выявления аномальных значений было использовано распространенное правило «трех сигм», которое вытекает из свойств закона нормального распределения случайных ошибок.

Согласно правилу «трех сигм», вероятность того, что случайная величина отклониться от своего математического ожидания более чем на утроенную величину среднеквадратического отклонения, практически равна нулю.

Любое значение вне этого диапазона можно считать аномальным. Аномальные значения были рассчитаны по формуле:

$$A_a > A_{cp} + k\sigma,$$

где  $A_{cp}$  – среднее значение выборки;

$k$  – коэффициент статистической достоверности;

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение случайной величины;

$A_a$  – аномальный уровень активности радионуклида в почве.

При расчетах аномальных значений удельной активности тория-232 в почвах Республики Татарстан был принят коэффициент статистической достоверности  $k$  равный 3. Таким образом, при выявлении аномальных значений удельной активности среди результатов исследования выполнялось следующее условие:

$$A_a > A_{cp} + 3\sigma.$$

На рис.2 приведена гистограмма распределения активности  $^{232}\text{Th}$  в верхнем и нижнем слоях почвенного покрова Республики Татарстан.

Активность тория-232 в нижнем слое почвенного покрова Республики Татарстан варьируется от 1,01 Бк/кг до 78,6 Бк/кг, средняя величина составляет 22,8 Бк/кг. Наименьшее значение наблюдается в Высокогорском районе, наивысшее – в Зеленодольском.

Гистограмма имеет форму нормального распределения, среднее значение ( $A_{cp}$ ) 22,8 Бк/кг, стандартное отклонение ( $\sigma$ ) 9 Бк/кг.

Для использования метода «трех сигм» необходимо определить значение верхнего предела аномальных значений, который рассчитывается по формуле:  $A_{cp} + 3\sigma$ . Верхний предел для тория-232 в нижнем слое почвенного покрова составляет 49,8 Бк/кг. В 5 точках наблюдается превышение этого значения. Данные точки располагаются в Зеленодольском, Тюлячинском и Верхнеуслонском районах Республики Татарстан.

В верхнем слое почвенного покрова удельная активность тория-232 варьируется от 0,8 Бк/кг в Мамадышском районе до 60,5 Бк/кг в Зеленодольском. Средняя величина составляет 21,5 Бк/кг. Наиболее высокие значения активности тория-232 наблюдаются на северо-западе Республики Татарстан.

Гистограмма имеет форму нормального распределения, стандартное отклонение ( $\sigma$ ) 8 Бк/кг. У тория-232, отобранного на верхнем слое почвенного покрова, граница аномальных значений составляет 45,5. За пределы верхней границы межквартильного диапазона выходит четыре значения: 60,5 Бк/кг – в Зеленодольском, 55,5 Бк/кг – в Верхнеуслонском, 48,1 Бк/кг – в Тюлячинском и 45,7 Бк/кг – в Чистопольском районах.

На рис.2 приведена гистограмма распределения активности  $^{232}\text{Th}$  в верхнем и нижнем слоях почвенного покрова Республики Татарстан.

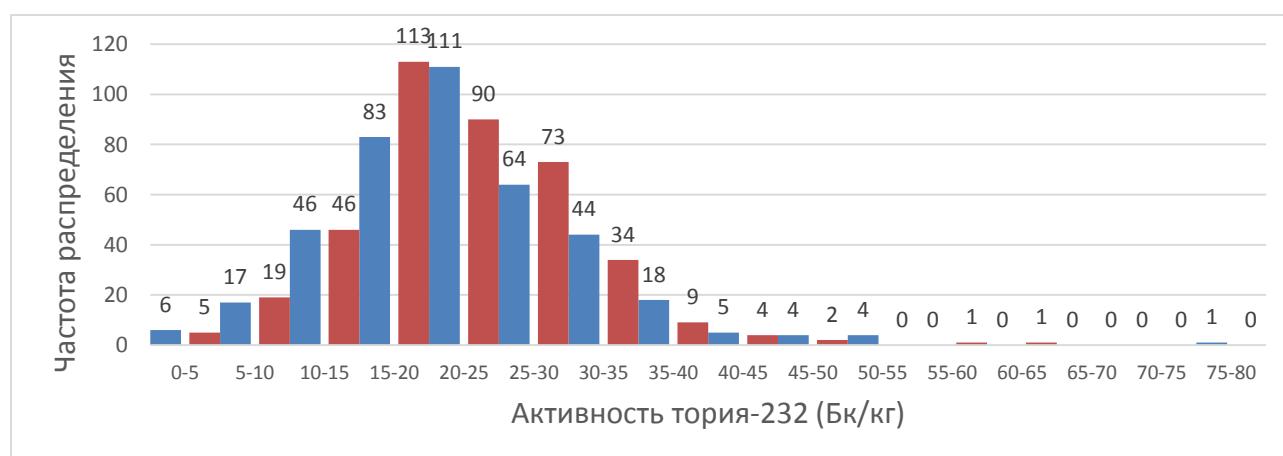


Рисунок 2 – Гистограмма распределения активности  $^{232}\text{Th}$  в верхнем (красный цвет) и нижнем (синий цвет) слоях почвенного покрова Республики Татарстан.

Средние значения удельной активности тория-232 в верхнем и нижнем слоях практически не различаются. Максимальная частота в нижнем слое находится в интервале 20-25 Бк/кг, а в верхнем слое в интервале 15-20 Бк/кг.

**Заключение.** Гамма-спектрометрические исследования удельной активности естественного радионуклида тория-232 в отобранных пробах показали, что активность  $^{232}\text{Th}$  в нижнем слое почвенного покрова Республики Татарстан находится в пределах от 1,01 Бк/кг до 78,6 Бк/кг, в верхнем варьируется от 0,8 Бк/кг до 60,5 Бк/кг. Средние значения составляют 22,7 Бк/кг и 21,5 Бк/кг соответственно.

Статистическая обработка полученных материалов выявила аномальные, с точки зрения правила  $3\sigma$ , значения содержания тория-232: в верхнем слое почвенного покрова это 60,5 Бк/кг – в Зеленодольском, 55,5 Бк/кг – в Верхнеуслонском, 48,1 Бк/кг – в Тюлячинском и 45,7 Бк/кг – в Чистопольском районах

В нижнем слое почвенного покрова это в Зеленодольском (78,6 Бк/кг и 54,6 Бк/кг), Тюлячинском (50,2 Бк/кг и 50,5 Бк/кг) и Верхнеуслонском (50,1 Бк/кг) районах Республики Татарстан

Вместе с тем полученные значения не выходят за пределы содержания тория -232 в почвах Русской равнины.

### Литература

1. Вагин, К. Н. Радиационно-экологический мониторинг в регионах с различным уровнем радиоактивного загрязнения / К. Н. Вагин, Г. И. Рахматуллина, И. Р. Юнусов, К. Т. Ишмухаметов – Текст: непосредственный // В сборнике: Наука и инновации в АПК XXI века. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 145-летию академии. – Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2018. – С. 18-21.
2. Ишмухаметов, К. Т. Радиационно-экологический мониторинг в Республике Татарстан / К. Т. Ишмухаметов, К. Н. Вагин, Г. И. Рахматуллина, И. Р. Юнусов, Н. Б. Тарасова – Текст: непосредственный // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарной медицины. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора В.А. Киршина. – Казань: Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 2018. – С. 59-61.
3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации – Текст: электронный / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Официальный сайт // Росгидромет: [сайт]. – Обновляется ежедневно. – URL: <http://www.meteorf.ru/product/infomaterials/90/> (дата обращения: 01.09.2023).