

АКТИВНОСТЬ ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВАХ РАЙОНОВ ПРЕДВОЛЖЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН: ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ

Тюменев Р.С., Бадрутдинов О.Р., Селиванова Д.С., Шуралев Э.А.

Россия, г. Казань, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Реферат. В статье представлены результаты измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения и удельной активности цезия-137 в почвах населенных пунктов районов Предволжья Республики Татарстан. Исследования проводились в период 2019-2020 гг. Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения находится в пределах от 0,09-0,19 мкЗв/ч (среднее значение 0,13 мкЗв/ч). Средние значения и стандартные отклонения удельной активности цезия-137 в почвах составляют 9,5 Бк/кг и 13,1 Бк/кг соответственно. Исследованные районы на данный период времени не могут рассматриваться как неблагоприятные в отношении радиационной безопасности.

Ключевые слова: цезий-137, удельная активность, мощность эквивалентной дозы, гамма-излучение, Татарстан

CESIUM-137 ACTIVITY IN THE SOILS OF THE PREDVOLZHJE, REPUBLIC OF TATARSTAN: CURRENT SITUATION

Tyumenev R.S., Badrutdinov O.R., Selivanova D.S., Shuralev E.A.

Russia, Kazan, Kazan (Volga Region) Federal University

Summary. The article presents gamma radiation measuring results as equivalent dose rate and cesium-137 specific activity in the soils of settlements in Predvolzhje (Republic of Tatarstan). The studies were carried out during 2019-2020. The equivalent dose rate of gamma radiation ranges from 0.09 to 0.19 $\mu\text{Sv/h}$ (with average value 0.13 $\mu\text{Sv/h}$). The cesium-137 specific activity average values and standard deviations in soils are 9.5 Bq/kg and 13.1 Bq/kg, respectively. The investigated areas for current situation cannot be considered as unfavorable in terms of radiation safety.

Keywords: cesium-137, specific activity, equivalent dose rate, gamma radiation, Tatarstan

В результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции радиоактивными осадками, в изотопном составе которых в основном преобладал цезий-137 [3], были загрязнены 19 субъектов Европейской части России. В Республике Татарстан, по данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [4], территория, на которую вследствие аварии произошло выпадение цезия-137, составила 170 км². Восточный воздушный поток по линии, охвативший близлежащие территории современных городов Самара – Казань – Екатеринбург, обусловил максимальную плотность присутствия данного радионуклида в основном на территории Предволжья Республики Татарстан (рис. 1) [5], которая на сегодняшний день включает в себя Апастовский, Буинский, Верхнеуслонский, Дрожжановский, Зеленодольский (южная часть), Кайбицкий, Камско-Устьинский и Тетюшский муниципальные районы. Ранее проведенные исследования в рамках радиоэкологического мониторинга в Республике Татарстан не выявили превышения уровня показателей радиационной безопасности населения [1, 2]. Несмотря на отсутствие сообщений о возможных аномалиях на территории Республики Татарстан, радиационно-экологический мониторинг должен продолжаться проводиться с учетом максимального охвата параметров для оценки радиационной безопасности.

Материалы и методы. Исследования проводили в населенных пунктах муниципальных районов Предволжья Республики Татарстан в период 2019-2020 гг. В целях обнаружения возможных радиационных аномалий измеряли мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД ГИ) в каждом пункте исследования на высоте 1 м и непосредственно на поверхности почвенного покрова.

Измерения МЭД ГИ осуществляли с использованием дозиметра гама-излучения ДКГ-03Д «Грач». Пробы почвы отбирали вблизи населенных пунктов на открытой местности методом конверта (из 5 точек) с поверхностного почвенного горизонта (0-5 см) и на глубине 15-20 см. При этом дальнейшему исследованию подлежала каждая усредненная проба, сформированная методом квартования. Удельную активность цезия-137 в отобранных образцах почвы определяли на сцинтилляционном гамма-спектрометре «Прогресс-5». Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием правила трех сигм (3-sigma rule), вытекающего из свойств закона нормального распределения случайных ошибок. Для картографического анализа и построения карт использовали компьютерные программы «QGIS 3.16.5» и «Surfer 15». Гистограммы распределения полученных результатов строили с использованием программы «OriginPro 2018».

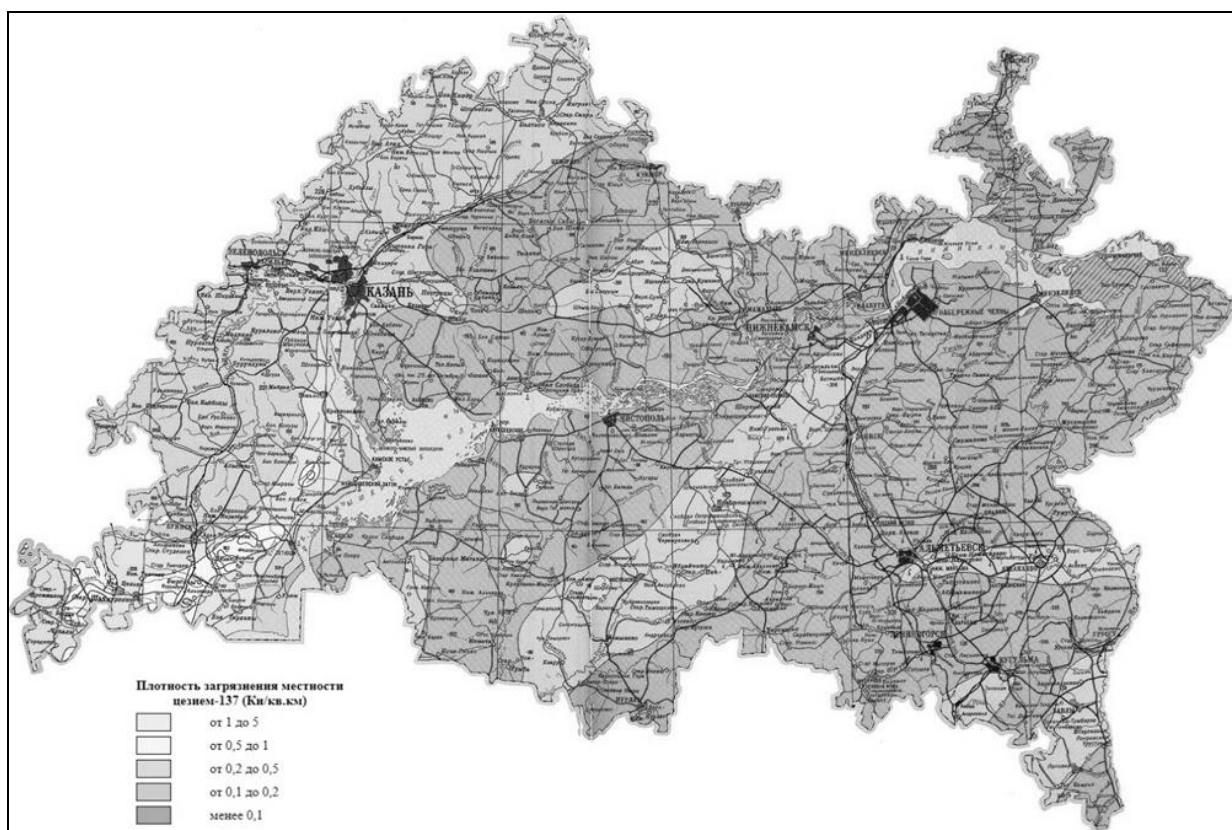


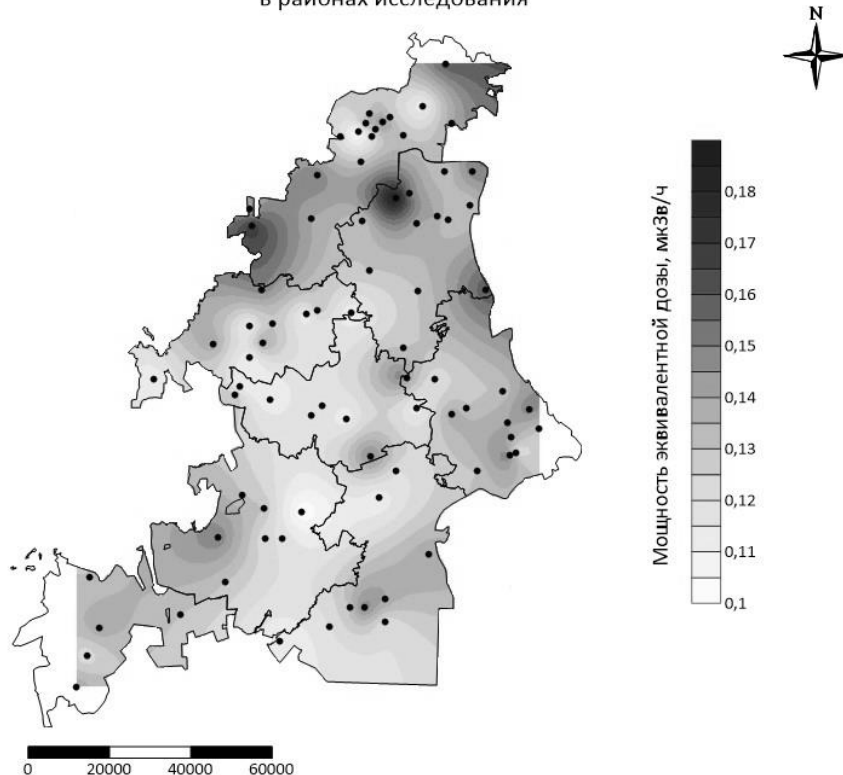
Рис. 1. Радиоактивное загрязнение территории Республика Татарстан цезием-137 (по состоянию на август 1995 г.). Карта с сайта Федерального информационно-аналитического центра Росгидромета [5]: http://www.feerc.ru/Ru/pr1_12.htm

Результаты. Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на поверхности почвенного покрова, обследованных районов, варьируется в пределах от 0,10 мкЗв/ч до 0,19 мкЗв/ч (рис. 2, слева). Среднее значение МЭД ГИ составило 0,13 мкЗв/ч. Максимальные уровни данного радиационного параметра установлены в Верхнеуслонском и Зеленодольском районах 0,19 мкЗв/ч и 0,18 мкЗв/ч, соответственно.

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности почвенного покрова, на территории обследованных районов, варьируется в пределах от 0,09 мкЗв/ч до 0,18 мкЗв/ч (рис. 2, справа). Среднее значение МЭД ГИ 0,13 мкЗв/ч. Максимальное значение 0,18 мкЗв/ч установлено на территории Верхнеуслонского района.

При статистическом анализе путем построения гистограммы распределения МЭД ГИ проявилась форма близкая к Гауссовской кривой (рис. 3). Средние значения МЭД ГИ и их стандартные отклонения в районах Предволжья на уровне земной поверхности составляют 0,13 мкЗв/ч и 0,016 мкЗв/ч, на высоте измерений 1 м 0,13 мкЗв/ч и 0,019 мкЗв/ч, соответственно. В соответствии с правилом трех сигм определен верхний предел максимальных показаний по формуле ($Aa > Acp + 3\sigma$), который, согласно расчетам, составил значения МЭД ГИ выше 0,18 мкЗв/ч, следует рассматривать как аномальное значение.

Карта распределения мощности эквивалентной дозы (МЭД) на поверхности почвенного покрова в районах исследования



Карта распределения мощности эквивалентной дозы (МЭД) на высоте 1 м в районах исследования

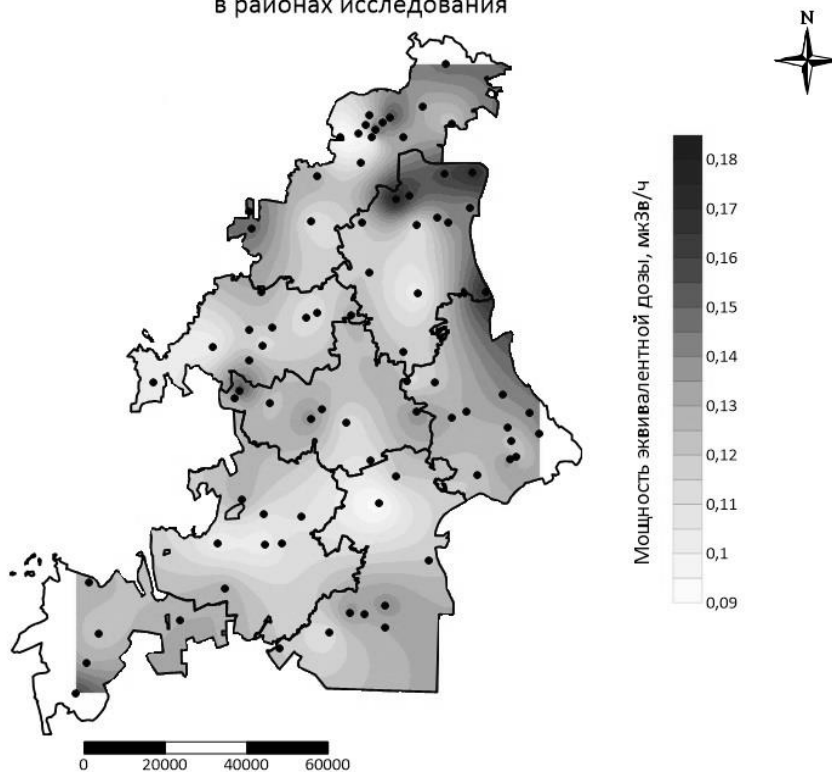


Рис. 2. Картограмма распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на территории районов Предволжья Республики Татарстан: при исследовании на поверхности почвенного покрова (сверху) и на высоте 1 м от поверхности почвенного покрова (снизу)

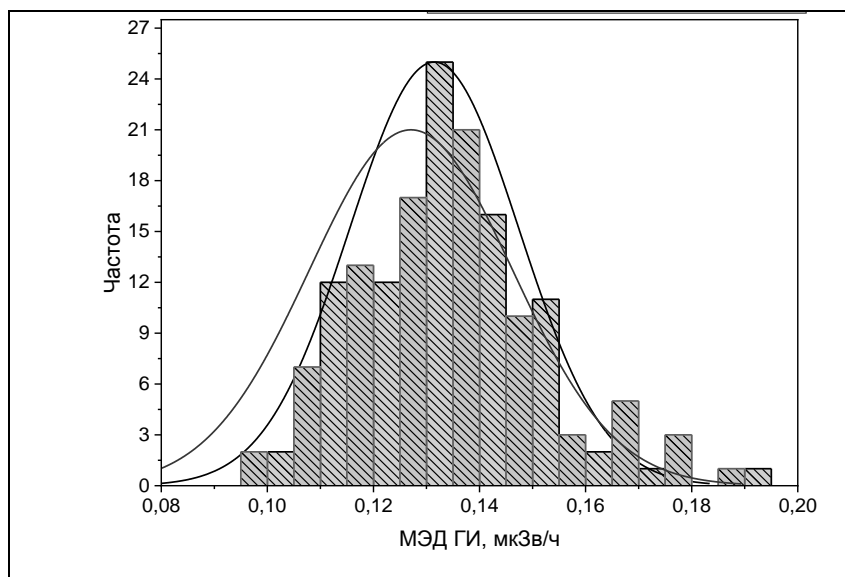


Рис. 3. Гистограмма распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения при исследовании территории районов Предволжья Республики Татарстан

В исследованных пунктах районов Предволжья Республики Татарстан содержание цезия-137 в верхнем горизонте почвы варьировало от минимального предела обнаружения прибора до 102,5 Бк/кг, средняя величина составила 9,5 Бк/кг. На гистограмме (рис. 4) видно, что она не имеет форму нормального распределения. Также стоит обратить внимание на аномальное значение равное 102,5 Бк/кг. Данная точка расположена в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан. Средние значения и стандартные отклонения удельной активности цезия-137 в почвах, составляют 9,5 Бк/кг и 13,1 Бк/кг, соответственно. При использовании метода трех сигм верхний предел максимальных значений составил 48,8 Бк/кг. Превышение предела отмечено в одной точке, расположенной в населенном пункте Старое Барышево Верхнеуслонского района.

Удельная активность цезия-137 в нижних слоях почвенного покрова (на глубине 15-20 см) колебалась в пределах от минимального предела обнаружения прибора до 44,0 Бк/кг. Средняя величина удельной активности радиоизотопа составила 7,0 Бк/кг, а верхняя граница нормальных значений – 27,7 Бк/кг. За пределы верхней границы межквартильного диапазона выходит два значения: 30,9 Бк/кг и 43,9 Бк/кг. С точки зрения статистической обработки данные значения являются аномальными. Данные завышенные значения удельной активности цезия-137 установлены в почвах Дрожжановского и Камско-Устьинского районов Республики Татарстан.

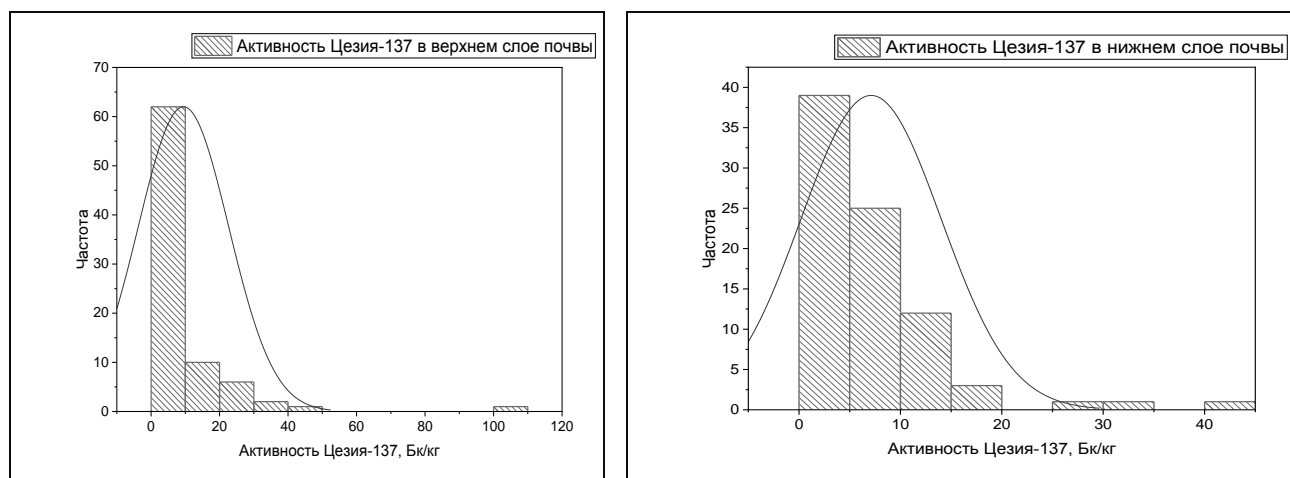


Рис. 4. Гистограммы распределения удельной активности цезия-137 в почве на территории районов Предволжья Республики Татарстан: при исследовании в верхнем слое (0-5 см) почвенного покрова (слева) и на глубине 15-20 см (справа)

Надо отметить, что средние значения удельной активности цезия-137 в верхнем и нижнем слое различаются друг от друга незначительно. Это может быть связано с тем, что происходит вертикальное перемещение цезия-137 в пахотных землях. Второй причиной может быть диффузия цезия-137 по вертикали.

Заключение. Период полураспада цезия-137 составляет 30,1 года. С момента аварии на Чернобыльской АЭС и последующим загрязнением прошло 35 лет. По закону радиоактивного распада в настоящий момент удельная активность цезия-137 должна соответствовать значению 10,6 Бк/кг. По нашим данным среднее значение активности цезия-137 в районах Предволжья Республики Татарстан составляет 9,5 Бк/кг, что с учетом погрешности измерений соответствует закону радиоактивного распада. Исследования показали, что корреляция между удельной активностью цезия-137 и мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения не установлена. Причиной этого может быть присутствие в почве других гамма-излучающих радионуклидов. Значения МЭД ГИ на территориях выше 0,18 мкЗв/ч рассматриваются как аномальные только с позиции статистической обработки. С точки зрения радиационно-гигиенических нормативов, действующих в области радиационной безопасности, эти уровни остаются в норме. Таким образом, районы Предволжья Республики Татарстан на данный период времени не могут рассматриваться по исследованным радиационным параметрам как неблагополучные с точки зрения радиационной безопасности.

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. Крышев, И.И. Оценка радиоэкологической обстановки на территориях аварийного чернобыльского следа в России (1986-2020) / И. И. Крышев, А. А. Бурякова, Т. Г. Сазыкина – Текст: непосредственный // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2021. – Т.30, №2. – С. 25-37.

4. 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: 30.10.2021).

5. Радиоактивное загрязнение территорий субъектов Российской Федерации цезием-137 – Текст: электронный // Федеральный информационно-аналитический центр Росгидромета [сайт]. – Обновляется ежедневно. – URL: <http://www.feerc.ru/Ru/Prod1.xml> (дата обращения: 30.10.2021).