

Содержание цезия-137 в почвенном покрове Центрального и Южного Таджикистана

С.В. Муминов, Б.Б. Баротов, У.М. Мирсаидов, Ш.Р. Муродов, Дж.А. Саломов,
И. Мирсаидзода (И.У. Мирсаидов)

Агентство по ядерной и радиационной безопасности Национальной академии
наук Республики Таджикистан, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Проведено исследование содержания цезия-137 в почвенном покрове Центрального и Южного Таджикистана. Площадь территории исследования регионов республики составляет около 45 000 км². Традиционным методом отобрано 92 образца почв Центрального и Южного Таджикистана из обрабатываемых и необрабатываемых полей до глубины 25 см от поверхности земли. Каждую пробу в точке отбора очищали от камней, корней и других включений. Пробу высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали и просеивали через сито диаметром отверстий 2 мм. При измерении проб использовали стандартный сосуд «Маринелли» объёмом 1 л. Измерения удельной активности цезия-137 в пробах почв проводились на гамма-спектрометре на основе особо чистого германия. Максимальное содержание цезия-137 наблюдается в пробе почвы № 1 местности Камароб Раитского района, удельная активность в которой составляет 147,5 Бк/кг. Минимальная удельная активность цезия-137 наблюдается в пробах почв местности Таджикабад. Установлена зависимость содержания цезия-137 от рельефа местности в исследуемом регионе. В некоторых исследуемых пробах изотоп цезий-137 не был обнаружен (проба № 2 из пустыни Айвадж района Шахритус и проба № 4 из района Фархор). Исследовано распределение цезия-137 на почвах необрабатываемых полей и почвах обрабатываемых полей Хатлонской области Таджикистана. Обнаружено, что содержание изотопа цезия-137 на обрабатываемых полях отличается от необрабатываемых. Определено, что в почвах обрабатываемых земель цезий-137 концентрируется на глубине до 20–25 см. У подножия гор и в глинистых почвах наблюдается относительно высокое содержание изотопа цезия-137 по сравнению с равнинами и песчаными почвами.

Ключевые слова: цезий-137, почва, содержание, удельная активность, проба, рельеф, регионы Таджикистана.

Введение

Атмосферные испытания ядерного оружия начала 1960-х гг., аварии на ЧАЭС [1] и АЭС «Фукусима-1» [2], бурное развитие атомной энергетики, а также широкое применение радионуклидов в промышленности, медицине и научных исследованиях определяют актуальность проблемы изучения распространения техногенных радионуклидов в природных средах и их воздействия на окружающую среду и биосферу.

Одним из распространенных техногенных радионуклидов, который находят повсеместно в почвах, в донных отложениях рек, озерах и морях, в выпадениях атмосферных осадков, является цезий-137.

Ранее в работах [3,4] было изучено содержание природных и техногенных радионуклидов в образцах пыльной мглы юга Таджикистана, где показано наличие цезия-137.

Цель исследования – исследование распределения ¹³⁷Cs в пробах почв ряда районов Центрального и Южного

Таджикистана, отобранных в 2018–2020 гг., в зависимости от рельефа и механических свойств почв.

Задачи исследования

Для достижения поставленных целей были решены следующие задачи:

- 1) выбор объектов и изучение рельефа местности;
- 2) выбор точек в каждом районе региона и отбор проб почвы на этих точках;
- 3) обработка и анализ полученных результатов;
- 4) изучение характера пространственного распределения цезия-137 в почвенном покрове объекта;
- 5) использование полученных данных для составления карты содержания цезия-137 в Центральном и Южном Таджикистане.

Материалы и методы

Республика Таджикистан по характеру своего рельефа – типичная горная страна с абсолютными высотами поверхностей от 300 до 7495 м. Почти полови-

Мирсаидов Ульмас Мирсаидович

Агентство по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан

Адрес для переписки: 734025, Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 33; E-mail: ulmas2005@mail.ru

на территории республики расположена на высоте более 3000 м. Для Таджикистана характерна «поэтажная» смена рельефа. Можно выделить следующие пояса: равнинный (на высоте от 300 до 900 м над уровнем моря), предгорный (900–1600 м), низкогорный (1600–2300 м), среднегорный (2300–3500 м) и высокогорный (выше 3500 м). Равнины занимают лишь 7% территории республики [5].

Почвенный покров Таджикистана отличается исключительной пестротой, причем вследствие резких различий в высоте отчетливо выражена высотная почвенная поясность. Выделяются четыре пояса: 1) равнинно-низкогорный в основном с сероземными почвами; 2) среднегорный с горными коричневыми

почвами; 3) высокогорный с высокогорными лугово-степными, степными, пустынно-степными, занговыми и пустынными почвами; 4) нивальный пояс (рухляковые почвы среди ледников, снежников и скал) [5].

Территория регионов, выбранных для отбора проб, включает в себя самые разнообразные ландшафты: альпийские луга, высокогорные и равнинные пустыни, глубокие и узкие ущелья рек, сжатые скалистыми хребтами.

Отбор проб проводился на площади около 45 000 км² на территориях Гиссарского, Раштского, Бохтарского и Кулябского регионов. Для исследования было отобрано 92 образца почв различных типов (табл.). В каждом

Таблица

Средняя удельная активность ¹³⁷Cs в почвах районов Центрального и Южного Таджикистана, координаты местности, количество отобранных проб

[Table

Average specific activity of ¹³⁷Cs in soils of regions of Central and South Tajikistan, area coordinates, number of samples]

| Район [District] | Широта [Latitude] | Долгота [Longitude] | Количество отобранных проб [Number of samples] | Средняя удельная активность, Бк/кг [Average specific activity, Bq/kg] |
|----------------------------|----------------------|------------------------|---|---|
| Душанбе [Dushanbe] | 38.573060 | 68.786390 | 4 | 5.02 |
| Алмоси [Almosi] | 38.585700 | 68.560300 | 3 | 36.4 |
| Камароб [Kamarob] | 38.942500 | 69.683400 | 4 | 44.4 |
| Файзобод [Fayzobod] | 38.5313442 | 69.2601323 | 8 | 14.2 |
| Канаск [Kanask] | 38.680978 | 69.214411 | 3 | 13.4 |
| Шахринав [Shahrinav] | 38.577222 | 68.329722 | 5 | 5.4 |
| Бохтар [Bokhtar] | 37.8319905 | 68.7803554 | 3 | 4.5 |
| Гаравоти [Garavoti] | 37.6711698 | 68.5490378 | 3 | 3.2 |
| Дусти [Dusti] | 37.348611 | 68.673333 | 3 | 2.1 |
| Кубодиён [Qubodiyon] | 37.3467744 | 68.1673638 | 5 | 2.4 |
| Шахритус [Shahritus] | 37.259444 | 68.134722 | 5 | 3.6 |
| Н. Хусрав [N. Khusrav] | 37.250000 | 68.000000 | 4 | 6.5 |
| Кулоб [Kulob] | 37.911944 | 69.780833 | 3 | 3.8 |
| Воце [Vose] | 37.833333 | 69.583333 | 4 | 2.3 |
| Хамадони [Hamadoni] | 37.656667 | 69.629167 | 3 | 2.1 |
| Фархор [Farkhor] | 37.483333 | 69.416667 | 4 | 2.4 |
| Темурмалик [Temurmalik] | 38.178611 | 69.569167 | 3 | 10.2 |
| Ховалинг [Khovaling] | 38.341940 | 69.975310 | 4 | 5.4 |
| Сарихосор [Sarikhosor] | 38.600610 | 69.919600 | 3 | 25.5 |

| Район [District] | Широта [Latitude] | Долгота [Longitude] | Количество отобранных проб [Number of samples] | Средняя удельная активность, Бк/кг [Average specific activity, Bq/kg] |
|----------------------------|----------------------|------------------------|---|---|
| Курговат [Kurgovod] | 39.028710 | 70.374460 | 3 | 3.6 |
| Гарм [Garm] | 39.1690888 | 70.8909218 | 3 | 9.8 |
| Мисканобод [Miskinobod] | 38.5687075 | 69.3623526 | 3 | 2.8 |
| Лахш [Lahsh] | 39.3028047 | 71.4696426 | 3 | 4.1 |
| Таджикабад [Tajikabad] | 38.508817 | 68.954507 | 3 | 1.3 |
| Нуробод [Nurobod] | 38.781692 | 70.073327 | 3 | 14.3 |

районе было выбрано от 3 до 8 точек для отбора проб, где минимальное расстояние между точками составляет примерно 4–7 км. Отбор проб почвы проводили согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 от поверхности земли до глубины 25 см. Отобранные пробы разделили на две категории: пробы почвы из необрабатываемых земель и почва из обрабатываемых полей. Каждую пробу в точке отбора очищали от камней, корней и других включений. Из общей массы методом квартования отбирали более 1 л образца. Почвы высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали на мельнице и просеивали через сито диаметром отверстий 2 мм. Для гамма-спектрометрического измерения проб использовали стандартный сосуд «Маринелли» объёмом 1 л. Измерения проводились на гамма-спектрометре с детектором из особо чистого германия (CANBERA, программное обеспечение Genie-2000) с неопределённостью измерения от 5 до 12% в аккредитованной лаборатории технических

услуг Агентства по ядерной и радиационной безопасности НАНТ.

Результаты и обсуждение

Результаты измерения средней удельной активности ^{137}Cs в почвах районов Центрального и Южного Таджикистана, координаты местности, количество отобранных проб приведены в таблице.

Из таблицы видно, что удельная активность ^{137}Cs в районах Таджикистана различается. Максимальная средняя удельная активность ^{137}Cs наблюдается в почвах гористой местности районов Раштской зоны и территории Сарихосора. Минимальное значение средней удельной активности цезия-137 наблюдается в районе Таджикабад и составляет 1,3 Бк/кг.

На рисунке 1 приведена карта средней удельной активности ^{137}Cs в почвах некоторых регионов Таджикистана в Бк/кг.

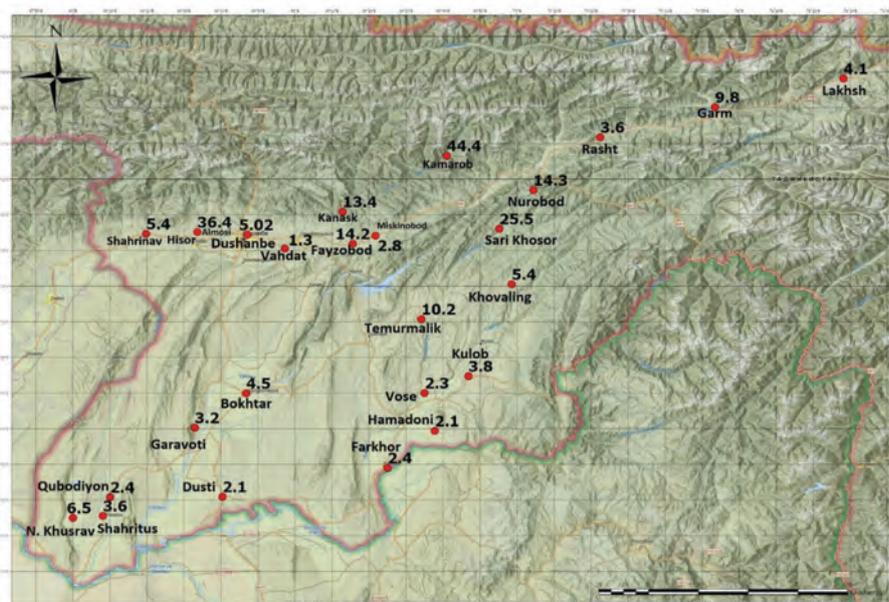


Рис. 1. Карта содержания ^{137}Cs в почвах некоторых регионов Таджикистана (в Бк/кг)
[Fig. 1. Map of ^{137}Cs content in soils of some regions of Tajikistan (Bq/kg)]

При анализе образцов почвы исследуемой местности было установлено, что максимальное значение удельной активности цезия-137 наблюдается в пробе почвы местности Камароб Раштского района и составляет 147,5 Бк/кг, а среднее значение удельной активности в этом районе составляет 44,4 Бк/кг. Проба почвы «Камароб» была отобрана у подножия горы.

На рисунке 2 приведен энергетический спектр гамма-излучения радионуклидов в пробе № 1 почвы, отобранной в «Камароб».

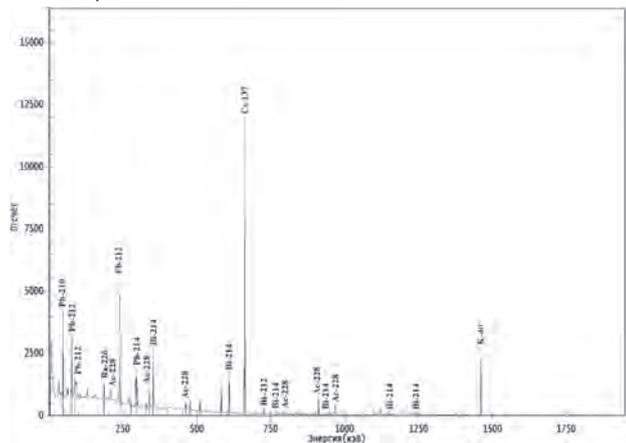


Рис. 2. Энергетический спектр гамма-излучения образца пробы № 1 почвы «Камароб»

[Fig. 2. Energy spectrum of gamma-radiation of the soil sample #1 from "Kamarob"]

Из энергетического спектра (см. рис. 2) видно, что высота пика полного поглощения изотопа ^{137}Cs с энергии 661 кэВ значительно выше по сравнению с природными радионуклидами семейства ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th и ^{40}K .

Предполагается, что концентрация радионуклида цезия-137 в данной местности связана с геологическими особенностями ущелья, окружённого высокими скалисто-лесисто-луговыми горными массивами, которое имеет замкнутую форму протяжённостью более 35 км в длину с единственным узким проходом, что способствует практически полному осаждению радионуклидов, мигрирующих в составе пылевых бурь и аэрозольных осадков, которые характерны для всех горных массивов Таджикистана [3, 4]. Обычно в результате водной и ветровой эрозии поверхностный слой покрова, смываясь, накапливается у подножия гор, в составе которого и концентрируются техногенные радионуклиды.

В некоторых исследуемых пробах ^{137}Cs не был обнаружен (проба № 2 из пустыни Айвадж района Шахритус и проба № 4 из района Фархор). Все эти почвы относятся к песчаным. Возможно, это связано с тем, что в песчаной породе вертикальная миграция нуклидов вглубь происходит легко [6, 7].

В зависимости от типа почв от 60 до 95% от общего запаса радионуклидов в верхнем 30-сантиметровом слое почвы радионуклиды мигрируют за счет диффузионных процессов [6]. Нами проводился анализ соотношения распределения ^{137}Cs на необрабатываемых землях и почвах обрабатываемых полей Хатлонской области Таджикистана, результат которого приведён на рисунке 3 в виде диаграммы.

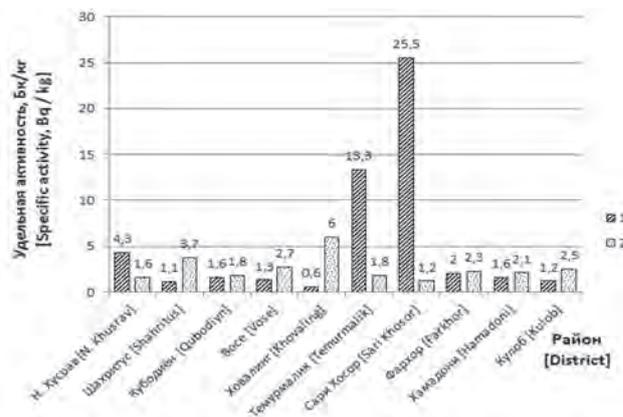


Рис. 3. Диаграмма удельной активности цезия-137 в почве некоторых районов Хатлонской области Таджикистана:

1 – необрабатываемые земли; 2 – обрабатываемые поля

[Fig. 3. Diagram of the specific activity of cesium-137 in the soil of different districts of the Khatlon region of Tajikistan:

1 – uncultivated fields; 2 – cultivated fields]

Как видно из рисунка 3, удельная активность ^{137}Cs в пробах из необрабатываемых гористых земель относительно выше, чем из обрабатываемых полей. В то же время удельная активность ^{137}Cs в некоторых пробах, взятых из обрабатываемых полей равнинных территорий, наоборот, выше, чем в пробах из необрабатываемых участков.

Заключение

Исследование отобранных проб почвы в течение 2018–2020 гг. показало, что содержание ^{137}Cs в почвах районов Центрального и Южного Таджикистана зависит от рельефа и состава грунта местности. Установлено, что распределение ^{137}Cs в районах Таджикистана разное. Максимальная удельная активность ^{137}Cs наблюдается в почвах гористой местности районов Раштской зоны и на территории Сарххосора, а также в необрабатываемых землях Хатлонской области республики.

В некоторых исследуемых пробах почв (песчаных) ^{137}Cs не был обнаружен.

Литература

1. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 286 с.
2. Булгаков В.Г., Вакуловский С.М., Ким В.М., и др. Техногенные радионуклиды в приземном слое атмосферы вследствие аварии на АЭС «Фукусима» // Радиационная гигиена. 2011. Т. 4, № 4, С. 26-31.
3. Абдуллаев С.Ф., Абдурасулова Н.А., Назаров Б.И., и др. Распределение природной и техногенной радиоактивности в образцах пыльной мглы юга Таджикистана // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2016. Т. 54, № 9, С. 746-753.
4. Буриев Н.Н., Буриев Н.Т., Давлатшоев Т. Техногенный радионуклид цезий-137 в пищевых дикорастущих растениях Таджикистана // Символ науки. 2018. № 4. С. 7-8.
5. Национальная Программа по борьбе с опустыниванием в Таджикистане. Душанбе, 2000. 184 с.
6. Бакарикова Ж.В., Жукова О.М., Герменчук М.Г. Вертикальная миграция цезия-137 в различных типах

почв как фактор уменьшения внешней дозы облучения. Сборник материалов республиканской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», Минск, 26–28 октября 2017. М., 2017. С. 67-69

7. Манзон Д.А. Динамика миграции цезия-137 после Чернобыльской аварии на территории русской равнины: Автореф. дисс. ... канд. географ. наук. Москва, 2010. 26 с.

Поступила: 25.02.2021 г.

Муминов Сафарали Валиевич – заведующий сектором контроля облучения населения Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

Баротов Бахтиёр Бурхонович – заведующий научно-исследовательским сектором Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

Мирсаидов Ульмас Мирсаидович – главный научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес для переписки:** 734025, Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 33; E-mail: ulmas2005@mail.ru

Муродов Шохин Рустамович – старший научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

Саломов Джаббор Абдусатторович – ведущий научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

Мирсаидзода Илхом (Мирсаидов Илхом Ульмасович) – директор Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной академии наук Таджикистана, доктор технических наук, Душанбе Таджикистан

Для цитирования: Муминов С.В., Баротов Б.Б., Мирсаидов У.М., Муродов Ш.Р., Саломов Дж.А., Мирсаидзода И. (Мирсаидов И.У.) Содержание цезия-137 в почвенном покрове Центрального и Южного Таджикистана // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 2. С. 66–71. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-2-66-71

Content of cesium-137 in the soil cover of Central and Southern Tajikistan

Safarali V. Muminov, Bakhtiyor B. Barotov, Ulmas M. Mirsaidov, Shohin R. Murodov, Jabor A. Salomov, Ilhom Mirsaidzoda (Ilkhom U. Mirsaidov)

Nuclear and Radiation Safety Agency of the National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan

The content of cesium-137 in the soil cover of the central and southern parts of Tajikistan was studied. The study area of the regions of the republic is about 45,000 km². 92 soil samples from the Central and Southern parts of the republic were collected from cultivated and uncultivated fields to a depth of 25 cm from the ground surface. Each sample at the sampling point was cleared of stones, roots and other inclusions. The sample was dried to an air-dry state, crushed and sieved through a sieve with a hole diameter of 2 mm. When measuring the samples, we used a standard 1 L Marinelli beaker. Measurements of the specific activity of cesium-137 in soil samples were carried out on a gamma spectrometer based on highly pure germanium. The maximum content of cesium-137 was observed in soil sample No. 1 of the Kamarob area of the Rasht district, which specific activity in the sample is 148 Bq / kg. The minimum specific activity of cesium-137 is observed in soil samples from the Tajikabad district. The dependence of the concentration of cesium-137 on the topography in the region under study has been established. In some of the investigated samples, the cesium-137 isotope was not detected (sample no. 2 from the Ayvaj area of the Shahritus district and sample no. 4 from the Farkhor district). The dynamics of the distribution of cesium-137 on the soils of uncultivated fields and soils of cultivated fields of the Khatlon region of Tajikistan has been studied. It was found that the content of the isotope of cesium-137 in the treated fields differs from the untreated ones. It has been determined that in the soils of cultivated lands, the content of cesium-137 is concentrated at a depth of 20-25 cm. At the foot of the mountains and clay soils, a relatively high content of the isotope of cesium-137 is observed in comparison with plains and sandy soils.

Key words: cesium-137, soil, content, specific activity, sample, relief, regions of Tajikistan.

Ulmas M. Mirsaidov

Nuclear and Radiation Safety Agency of the National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

Address for correspondence: prosp. Rudaki, 33, Dushanbe, 734025, Tajikistan; E-mail: ulmas2005@mail.ru

References

1. Sapozhnikov YuA, Aliev RA, Kalmykov SN. Environmental radioactivity. Theory and practice. M: BINOM. Knowledge Laboratory; 2009. 286 p. (In Russian)
2. Bulgakov VG, Vakulovsky SM, Kim VM, et al. Man-made Radionuclides in the Near-the-ground Atmospheric Layer due to the Fukushima Accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2011;4(4): 26-31. (In Russian)
3. Abdullaev SF, Abdurasulova NA, Nazarov BI. and others. Distribution of natural and technogenic radioactivity in samples of the dusty haze of the south of Tajikistan. *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan = Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*. 2016;54(9): 746-53. (In Russian)
4. Buriev NN, Buriev NT, Davlatshoev T. Technogenic radionuclide cesium-137 in food wild plants of Tajikistan. *Simvol nauki = Symbol of Science*. 2018;4: 7-8. (In Russian)
5. National Program to Combat Desertification in Tajikistan. Dushanbe; 2000. 184p. (In Russian)
6. Bakarikova ZhV, Zhukova OM, Germenchuk MG. Vertical migration of cesium-137 in different types of soils as a factor in reducing the external dose of radiation. Collection of materials of the republican scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 90th anniversary of the republican unitary enterprise "Scientific and practical center of hygiene", 26-28 October 2017: Minsk; 2017. P. 67-69. (In Russian)
7. Manzon DA. Dynamics of migration of cesium-137 after the Chernobyl accident on the territory of the Russian plain: Author's abstract of the dissertation for the degree of candidate of geographical sciences. Moscow; 2010. 26 p. (In Russian)

Received: 25 February, 2021

Safarali V. Muminov – Head of Public exposure control sector Nuclear and Radiation Safety Agency of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

Bakhtier B. Barotov – Leader of the scientific-research sector, Nuclear and Radiation Safety Agency of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

For correspondence: Ulmas M. Mirsaidov – Chief scientist, Nuclear and Radiation Safety Agency of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan (prosp. Rudaki, 33, Dushanbe, 734025, Tajikistan; E-mail: ulmas2005@mail.ru)

Shohin R. Murodov – Senior Researcher of Nuclear and Radiation Safety Agency of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

Jabor A. Salomov – leading research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of the National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

Ilhom Mirsaidzoda (Ilkhom U. Mirsaidov) – Director of the Nuclear and Radiation Safety Agency of the National Academy of Sciences of Tajikistan, doctor of technical sciences, Dushanbe, Tajikistan

For citation: Muminov S.V., Barotov B.B., Mirsaidov U.M., Murodov Sh.R., Salomov J.A., Mirsaidzoda I. (Mirsaidov I.U.) Content of cesium-137 in the soil cover of Central and Southern Tajikistan. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021. Vol. 14, No. 2. P.66-71. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-2-66-71