

УДК 551.521.2:54.027:54-78:550.424

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

¹Неганова К.С., ²Бураева Е.А., ¹Давыденко А.М., ²Нефедов В.С., ¹Дергачева Е.В.,
²Стасов В.В., ¹Аветисян С.Р., ³Гончарова Л.Ю., ³Вардуни Т.В., ¹Данилова А.А.

¹Физический факультет Южного федерального университета,
Ростов-на-Дону, e-mail: nv060790@yandex.ru;

²Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета,
Ростов-на-Дону, e-mail: buraeva_elen@mail.ru;

³Академия биологии и биотехнологии Южного федерального университета,
Ростов-на-Дону, e-mail: goncharova_1958@mail.ru

Проведена оценка содержания, вертикального распределения и динамики естественных и искусственных радионуклидов в аллювиальных почвах горных и степных территорий Северного Кавказа. Средние удельные активности ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K составляют 13,4, 12,7 и 278,3 Бк/кг соответственно для степных участков. В почвах горных территорий содержание данных радионуклидов, в среднем, равно 24,7, 32,2 и 437,3 Бк/кг соответственно. В распределении искусственного ¹³⁷Cs в аллювиальных почвах степей отмечается его накопление в верхних слоях, в горных почвах – данный радионуклид фиксируется по всему профилю. Распределение естественных ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K в почвах пойменных участков реки Дон, в основном снижается с глубиной и отсутствием временной динамики. Данные радионуклиды в горных аллювиальных почвах, в основном распределены равномерно, с незначительным возрастанием их удельной активности с глубиной почвенного профиля и со временем.

Ключевые слова: радионуклиды, почва, профиль, распределение

DISTRIBUTION OF RADIONUCLIDES IN THE FLUVISOLS OF THE NORTHERN CAUCASUS

¹Neganova K.S., ²Buraeva E.A., ¹Davydenko A.M., ²Nefedov V.S., ¹Dergacheva E.V.,
²Stasov V.V., ¹Avetisyan S.R., ³Goncharova L.Y., ³Varduny T.V., ¹Danilova A.A.

¹Faculty of Physics, Southern federal university, Rostov-on-Don, e-mail: nv060790@yandex.ru;

²Research Institute of Physics, Southern Federal University,
Rostov-on-Don, e-mail: buraeva_elen@mail.ru;

³Academy of Biology and Biotechnologies, Southern federal university,
Rostov-on-Don, e-mail: goncharova_1958@mail.ru

The evaluation of the content of the vertical distribution and dynamics of natural and artificial radionuclides in the fluviosols of the mountain and steppe areas of the North Caucasus are estimated. Average activity concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K constitute 13,4, 12,7 and 278,3 Bq/kg, respectively, for the steppe areas. In soils of mountainous areas of radionuclide content of the data, on average, equal to 24,7, 32,2 and 437,3 Bq/kg, respectively. The distribution of artificial ¹³⁷Cs in fluviosols of the steppe marked its accumulation in the upper layers in the mountain soils – this radionuclide is fixed over the entire profile. Distribution of natural ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K in soil floodplains of the River Don, mainly decreases with depth and the lack of temporal dynamics. These radionuclides in mining of fluviosols are essentially uniformly distributed, with a slight increase in the activity concentrations of the soil profile with depth and with time. Such a concentration of radionuclides in the soils of the region is due to research parent rocks, climate, terrain features and properties of the soil.

Keywords: radionuclides, soil, profile, distribution

Источником радионуклидов земного происхождения в почвах является земная кора. Содержание естественных радионуклидов (ЕРН) в почвах определяется их содержанием в материнских породах, процессами выщелачивания подземными водами, интенсивностью потока солнечной радиации на земную поверхность и другими процессами [1].

В экологических исследованиях большое внимание уделяется оценке содержания и распределения естественных радионуклидов в наземных экосистемах природных и урбанизированных территорий. Особое внимание уделяется естественным ⁴⁰K, ²³²Th, ²²⁶Ra и искусственному ¹³⁷Cs. Удельная ак-

тивность данных радионуклидов в почвах различных территорий варьируется в широких пределах и зависит от ряда факторов, таких как химические и физические свойства почвы, климатические особенности регионов исследования, радиоактивность подстилающих пород и рельеф местности.

Так, например, концентрация ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K в почвах на побережье Аргентины, в некоторых почвах Испании и в окрестностях г. Ла-Плата и почвах фермы Дзюцюань (Китай) в среднем составляет 20–80, 20–80 и 200–1000 Бк/кг соответственно [2, 5, 7].

Огромный вклад в содержание искусственного ¹³⁷Cs в почвах некоторых

территорий оказали крупные ядерные аварии. Так, например, в работе [3] концентрация ^{137}Cs в почвах Свердловской области варьирует в пределах от 1,2 до 828 Бк/кг, а в почвах Иордании, по данным [4] достигает (на некоторых участках) 576 Бк/кг. Высокое содержание ^{137}Cs обусловлено тем, что Свердловская область находится в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа. Однако, большинство территорий отличается относительно невысоким содержанием ^{137}Cs в почвах: удельная активность данного радионуклида в некоторых почвах Сербии варьируется в пределах от 0,09 до 38,1 Бк/кг [6].

Данная работа посвящена оценке содержания и поведения естественных и искус-

ственных радионуклидов в аллювиальных почвах горных и степных территорий Северного Кавказа.

Материалы и методы исследования

Ростовская область по характеру поверхности представляет собой равнину, расчлененную долинами рек и балками. Северная часть республики Адыгея – равнина, Южная – предгорье и горы Большого Кавказа.

Пробы почв отбирались на территории Ростовской области и Республики Адыгея на пойменных контрольных участках (КУ) рек Дон и Белая в экспедициях 2010–2014 годов. Исследуемые образцы отбирались из почвенных разрезов глубиной до 120 см послойно, слоями 0–1, 1–3, 3–5, 5–10, 10–15, 15–25, 25–35 см и далее слоями по 10 см до дна. Полевые названия исследуемых почв представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные типы изучаемых почв

Контрольный участок	Полевые названия почв
КУ 31	Аллювиально-дерновая ненасыщенная супесчаная на аллювиально-делювиальных отложениях (район исследования)
КУ 5	Аллювиально-луговая глеевая тяжелосуглинистая на аллювиальных отложениях
КУ 2	Аллювиально-луговая карбонатная слабогумусированная песчаная на аллювиальных отложениях

Радионуклидный состав почвы определяли инструментальным гамма-спектрометрическим методом анализа с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра «Прогресс-гамма», набором счетных геометрий Маринелли 1 л, Маринелли 0,5 л, Чашка Петри. Время набора гамма-спектров не превышало 24 часа, погрешность определения удельной активности радионуклидов – 15%.

Результаты исследования и их обсуждение

Вариации естественных радионуклидов в аллювиальных почвах региона исследования в целом достигают 10 раз, в зависимости от расположения участков отбора. Ниже, в табл. 2 представлены диапазон удельных активностей и средние содержания ЕРН в исследуемых почвах.

В целом, средние содержания естественных радионуклидов в аллювиальных почвах горной Адыгеи до двух раз выше, чем в аллювиальных почвах степей Ростовской области, что объясняется особенностями минералогического и гранулометрического состава почвообразующих пород. Аллювиальные отложения реки Белой характеризуются наличием большого количества гравия, камней и валунов, в состав которых входят граниты с повышенным содержанием естественных радионуклидов. Повышенное содержание этих элементов в пойме реки Белой может быть объяснено также большей расчлененностью рельефа по сравнению со степной территорией, что влияет на количество поступления смываемого почвенного материала.

Таблица 2

Удельная активность естественных радионуклидов в аллювиальных почвах Северного Кавказа, Бк/кг

Регион	Пределы вариации	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Степные территории	Минимум	5,7	2,8	59,2
	Максимум	23,9	26,4	485,0
	Среднее	13,4	12,7	278,3
Горные территории	Минимум	3,0	15,7	103,0
	Максимум	31,4	37,7	524,0
	Среднее	24,7	32,2	437,3

Аллювиальные отложения Ростовской области характеризуются более тяжелым гранулометрическим составом, отсутствием каменистости и низким содержанием радионуклидов. Ниже представлены

примеры распределения удельной активности естественных радионуклидов в аллювиальных почвах степной и горной территорий региона исследования за период 2010–2014 гг.

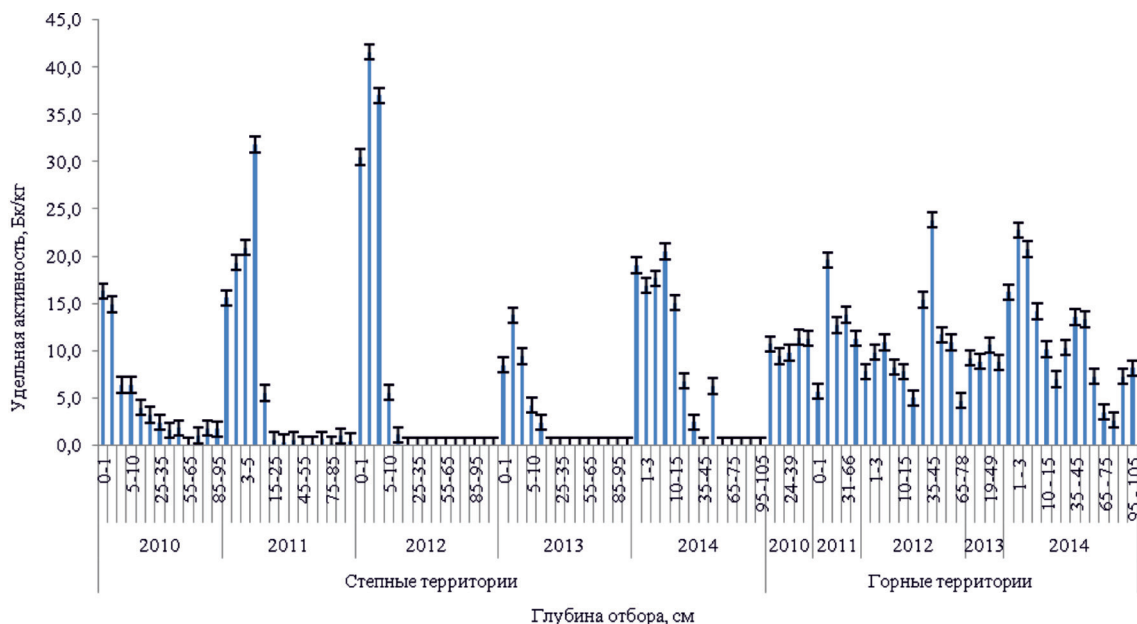


Рис. 1. Распределение ¹³⁷Cs в аллювиальных почвах

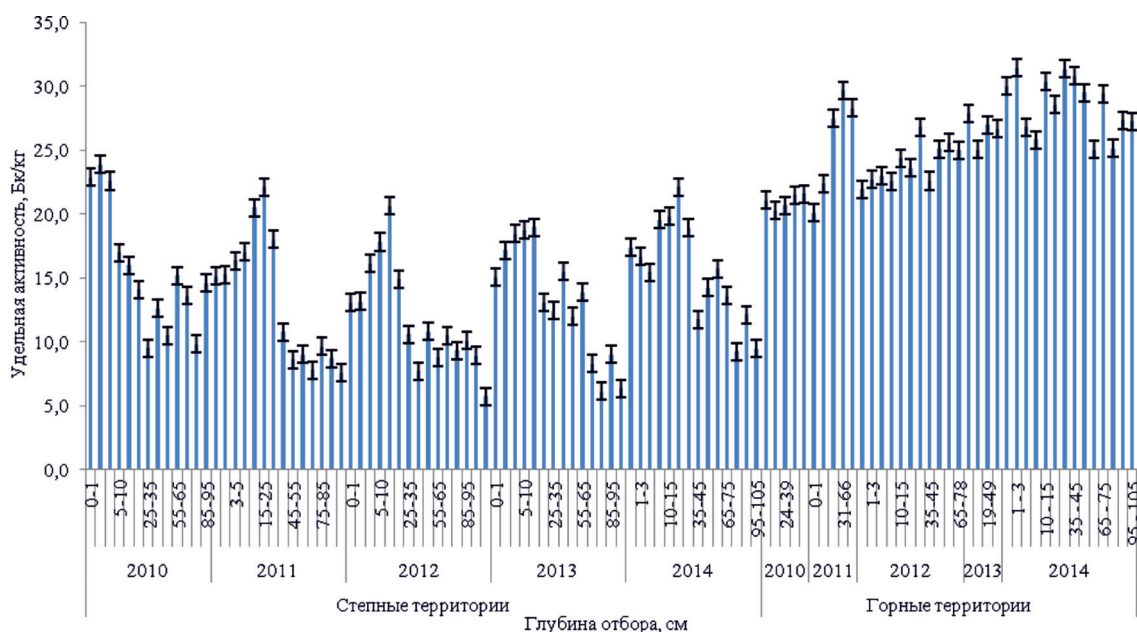


Рис. 2. Распределение ²²⁶Ra в аллювиальных почвах

Как видно из рис. 1, вертикальное распределение ¹³⁷Cs в почвах степных территорий отличается его максимумом в верхней части профиля. В почвах горных территорий ¹³⁷Cs фиксируется по всему почвенному профилю. Это связано

с особенностями почвообразования. В первых, в почвах горных территорий преобладает промывной тип водного режима, во-вторых, почвообразующие породы горных территорий характеризуются высокой скелетностью. Все это обуславливает

наличие свободного внутреннего дренажа почв и высокую подвижность элементов и их миграцию по почвенному профилю, в том числе и радионуклидов, что способствует миграции ^{137}Cs в более глубокие слои. Динамика данного искусственного радионуклида за пять лет показывает значительное перераспределение радиоцезия по почвенному профилю на участках степных территорий.

Удельная активность естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) в почвах степных территорий (рис. 2–4) с глубиной почвенного профиля снижается, в среднем, до двух раз. Это связано с тем, что на данном участке почвообразующими породами являются аллювиальные песчаные отложения с низким содержанием радионуклидов. Динамика ЕРН в почвах степей не выражена.

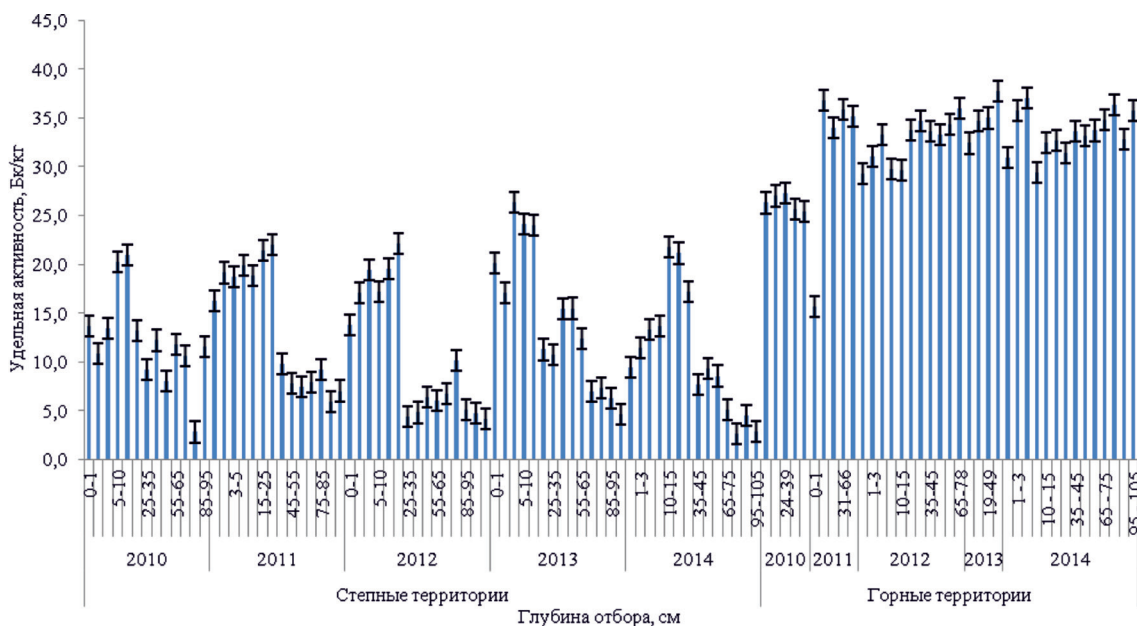


Рис. 3. Распределение ^{232}Th в аллювиальных почвах

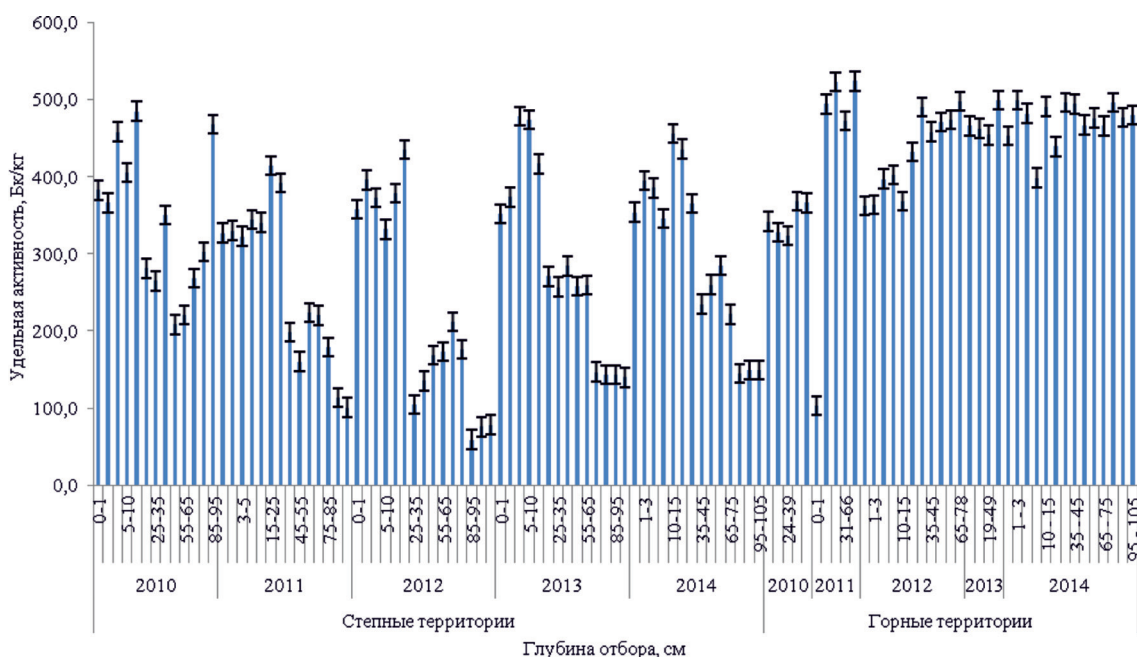


Рис. 4. Распределение ^{40}K в аллювиальных почвах

Удельная активность естественных радионуклидов в аллювиальных почвах горных территорий в ряде случаев возрастает с глубиной, что также связано с повышенной радиоактивностью почвообразующих пород. Динамика естественных радионуклидов в данных почвах отличается незначительным возрастанием их удельной активности за период с 2010 по 2014 годы. Это может быть обусловлено особенностями рельефа горных регионов – вымыванием радионуклидов на склоновых территориях и их переотложением в низинных участках, в том числе, в поймах рек.

Выводы

В целом, в работе оценены вертикальное распределение и динамика естественных и искусственных радионуклидов в аллювиальных почвах горных и степных территорий Северного Кавказа (на примере пойменных участков Ростовской области и республики Адыгея). Средние удельные активности ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K составляют 13,4, 12,7 и 278,3 Бк/кг соответственно для степных участков. В почвах горных территорий содержание данных радионуклидов в среднем равно 24,7, 32,2 и 437,3 Бк/кг соответственно. В распределении искусственного ^{137}Cs в аллювиальных почвах степей отмечается его накопление в верхних слоях, в горных почвах – данный радионуклид фиксируется по всему профилю. Распределение естественных ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в почвах пойменных участков реки Дон, в основном снижается с глубиной и отсутствием временной динамики. Данные радионуклиды в горных аллювиальных почвах в основном распределены равномерно, с незначительным возрастанием их удельной активности с глубиной почвенного профиля и со временем. Подобное содержание радионуклидов в почвах регионов исследования обусловлено почвообразующими породами, климатическими условиями, особенностями рельефа и свойствами почвы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-08-01413\13 и в рамках проектной части внутреннего гранта Южного федерального университета (Тема № 213.01.-07.2014/13ПЧВГ).

Список литературы

1. Давыдов М.Г. Радиоэкология: учебник для вузов. // М.Г. Давыдов, Е.А. Бураева, Л.В. Зорина, В.С. Малышевский, В.В. Стасов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 635 с.

2. Charro E., Pardo R., Pena V. Chemometric interpretation of vertical profiles of radionuclides in soils near a Spanish coal-fired power plant. // Chemosphere. – 2013. – № 90. – P. 488–496.

3. Cigna A., Romero L., Monte L., Karavaeva Y., Molchanova I., Trapeznikov A. ^{90}Sr profile in soil samples from the East Urals Radioactive Trail (EURT): a quantitative approach. // Journal of Environmental Radioactivity. – 2000. – V. 49, № 1. – P. 85–96.

4. Hamarneh A.I., Wreikat A., Toukan K. Radioactivity concentrations of ^{40}K , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am , ^{238}Pu and $^{239+240}\text{Pu}$ radionuclides in Jordanian soil samples. // Journal of Environmental Radioactivity. – 2003. – № 67. – P. 53–67.

5. Montes M.L., Mercader R.C., Taylor M.A., Runco J., Desimoni J. Assessment of natural radioactivity levels and their relationship with soil characteristics in undisturbed soils of the northeast of Buenos Aires province, Argentina. // Journal of Environmental Radioactivity. – 2012. – № 105. – P. 30–39.

6. Nenadović S.S., Nenadović M.T., Vukanac I.S., Djordjević A.R., Dragičević S.S., Lješević M.A. Vertical distribution of ^{137}Cs in cultivated and undisturbed areas. // Nuclear Technology & Radiation Protection. – 2010. – V. 25, № 1. – P. 30–36.

7. Tuo F., Zhang Q., Zhang J., Zhou Q., Zhao L., Li W., Zhang J., Xu C. Inter-comparison exercise for determination of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K in soil and building material. // Applied Radiation and Isotopes. – 2010. – № 68. – P. 2335–2338.

References

1. Davydov M.G., Buraeva E.A., Zorina L.V., Malyshevskiy V.S. Radioekologiya: uchebnik dlya vuzov. // Davydov M.G. [idr.]. Rostov n/D: Feniks. 2013. 635 p.

2. Charro E., Pardo R., Pena V. Chemometric interpretation of vertical profiles of radionuclides in soils near a Spanish coal-fired power plant. // Chemosphere. 2013. no 90. pp. 488–496.

3. Cigna A., Romero L., Monte L., Karavaeva Y., Molchanova I., Trapeznikov A. ^{90}Sr profile in soil samples from the East Urals Radioactive Trail (EURT): a quantitative approach. // Journal of Environmental Radioactivity. 2000. V. 49. no 1. pp. 85–96.

4. Hamarneh A.I., Wreikat A., Toukan K. Radioactivity concentrations of ^{40}K , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am , ^{238}Pu and $^{239+240}\text{Pu}$ radionuclides in Jordanian soil samples. // Journal of Environmental Radioactivity. 2003. no 67. pp. 53–67.

5. Montes M.L., Mercader R.C., Taylor M.A., Runco J., Desimoni J. Assessment of natural radioactivity levels and their relationship with soil characteristics in undisturbed soils of the northeast of Buenos Aires province, Argentina. // Journal of Environmental Radioactivity. 2012. no 105. pp. 30–39.

6. Nenadović S.S., Nenadović M.T., Vukanac I.S., Djordjević A.R., Dragičević S.S., Lješević M.A. Vertical distribution of ^{137}Cs in cultivated and undisturbed areas. // Nuclear Technology & Radiation Protection. 2010. V. 25. no 1. P. 30–36.

7. Tuo F., Zhang Q., Zhang J., Zhou Q., Zhao L., Li W., Zhang J., Xu C. Inter-comparison exercise for determination of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K in soil and building material. // Applied Radiation and Isotopes. 2010. no 68. pp. 2335–2338.

Рецензенты:

Симонович Е.И., д.б.н., Академик РАЕ, старший научный сотрудник Академии биологии и биотехнологии, ФГАО ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону;

Денисова Т.В., д.б.н., профессор кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 05.12.2014.