

СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Бураева Е.А., Малышевский В.С., Вардуни Т.В., Шиманская Е.И., Триболина А.Н., Гончаренко А.А., Гончарова Л.Ю., Тоцкая В.С., Нефедов В.С

ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», (344090, Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 5)

Проведено систематическое исследование содержания и вертикального распределения группы естественных (^{40}K , ^{210}Pb , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{234}Th , ^{238}U) радионуклидов в почвах ряда районов Ростовской области (Волгодонском, Азовском, Аксайском, Цимлянском, Зимовниковском, Дубовском и Родионово-Несветайском) в период 2000-2011 гг. Радионуклидный состав почв определяли инструментальным гамма-спектрометрическим методом с использованием стандартных методик отбора и подготовки почвенных проб к измерениям. Установлено, что в большинстве случаев общее содержание радионуклидов соответствует естественному уровню и характерно для почв региона исследования. Распределение естественных радионуклидов в почвах в основном равномерное. Максимальное содержание радионуклидов ряда урана зафиксировано в черноземах и каштановых почвах, минимальное – в аллювиальных почвах.

Ключевые слова: естественные радионуклиды, профили распределения, почва.

DISTRIBUTION OF NATURAL RADIONUCLIDES IN THE SOIL OF THE ROSTOV REGION

Buraeva E.A., Malyshevsky V.S., Varduny T.V., Shimanskaya T.I., Tribolina A.N., Goncarenko A.A., Goncharova L.Y., Totskaya V.S., Nefedov V.S.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia (344090, Rostov-on-Don, Zorge St. 5)

A systematic study of the content and vertical distribution of natural (^{40}K , ^{210}Pb , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{234}Th , ^{238}U) radionuclides in the soil several districts of the Rostov region (Volgodonsk, Azov, Aksay, Tsimljansky, Zimovnikovskogo, Dubovsky and Rodionovo-Nesvetaiskaya) in the period 2000-2011 years are performed. Radionuclide instrumental soil composition was determined by gamma spectrometry using standard techniques and selection of preparing soil samples for measurement. Found that in most cases the total radionuclide content corresponds to the natural level and is characteristic of the region's soil research. The distribution of natural radionuclides in the soil, mostly uniform. The maximum concentration of radionuclides of the uranium series recorded in chernozems and chestnut soils, the minimum – in alluvial soils.

Key words: natural radionuclides, distribution, soil.

Введение

Определение естественной радиоактивности территорий и почв населенных и природных районов необходимо для выявления зон с повышенным уровнем содержания радионуклидов, оценки поступления радиоактивных веществ в растения и грунтовые воды, а также для расчета поглощенной дозы облучения населения.

Изучению вертикального распределения естественных радионуклидов (ЕРН) в различных почвах посвящен ряд исследований [3-7 и др.]. Основное внимание уделяется формированию дозы излучения на поверхности почвы за счет ЕРН [5], оценке радионуклидных отношений для определения нарушения радиоактивного равновесия в зонах с повышенным естественным фоном [8], использованию некоторых ЕРН (например, ^{210}Pb) в качестве одного из маркеров индикации эрозионно-аккумулятивных процессов [2] и для оценки радоноопасности территорий и объектов [4; 7].

Данная работа является продолжением комплекса исследований, проводимых в Южном федеральном университете по определению содержания ЕРН в почвах, породах, грунтах, воде и воздухе различных районов Северного Кавказа для оценки изменений в уровнях фона из-за различных природных геологических процессов или техногенных влияний на экосистемы, а также с целью создания карт территориального и временного распределения ЕРН данной местности.

Материалы и методы исследования

Ростовская область расположена в южной части Восточно-Европейской равнины и частично в Северо-Кавказском регионе, занимая речной бассейн Нижнего Дона. Максимальная высота над уровнем моря – 253 м. Участки контроля выбирались на целинных и залежных почвах природных и урбанизированных территорий, в том числе в 30-километровой зоне расположения Ростовской АЭС и вокруг Новочеркасской ГРЭС. Объектами исследований являлись основные типы почв Ростовской области: каштановые, черноземы обыкновенные карбонатные, луговато-каштановые и аллювиальные преимущественно тяжело- и легкосуглинистого гранулометрического состава. Было проанализировано более 1000 образцов почв и грунтов из 130 прикопок (глубина 45 см), отобранных в Волгодонском, Азовском, Аксайском, Цимлянском, Зимовниковском, Дубовском и Родионово-Несветайском районах Ростовской области в экспедициях 2000-2011 гг. Пробы почвы из каждой прикопки отбирались послойно по следующим глубинам: 0-1, 1-3, 3-5, 5-10, 10-15, 15-25, 25-35, 35-45 см.

Для оценки содержания удельной активности ($A_{уд}$) ЕРН в почвах использовалась радиометрическая низкофоновая установка РЭУС-II-15 (Россия) на основе коаксиального полупроводникового детектора из особо чистого германия (GeHP) с эффективностью 25% в диапазоне 13–1500 кэВ, отношением пик/комpton 51,7:1 (модель 7229N-7500sl-2520, Canberra Corporate Headquarters, Франция).

Удельную активность ^{226}Ra определяли по продуктам распада ^{222}Rn : ^{214}Pb [по фотопикам 295,2 кэВ (18,9%) и 352,6 кэВ (36,3%)] и ^{214}Bi [по фотопику 609,3 кэВ (45,5%)] в условиях их радиоактивного равновесия с ^{222}Rn ; для оценки содержания ^{226}Ra результаты по трем фотопикам усредняли. ^{238}U определяли следующим образом: по удельной активности ^{226}Ra вычисляли его вклад в площадь фотопика 186,0 кэВ (3,25%), из полной площади фотопика 186 кэВ вычитали вклад ^{226}Ra и оценивали часть площади фотопика 186 кэВ, соответствующей ^{235}U . ^{210}Pb определяли по фотопику 46,5 кэВ (4,05%).

^{232}Th в природных объектах в основном находится в радиоактивном равновесии с радионуклидами его семейства ^{228}Ac , ^{212}Pb и ^{208}Tl , по которым можно определять удельные активности как ^{232}Th , так и ^{224}Ra . Содержание ^{228}Ac в почвах определяли по трем его

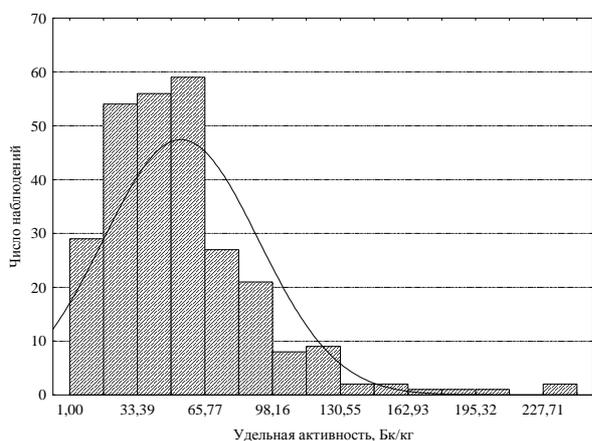
фотопикам 338,3 кэВ (12,4%), 911,2 кэВ (27,7%) и 969,6 кэВ (17,3%). ^{212}Pb – по фотопику 238,6 кэВ (44,6%), ^{208}Tl – по фотопику 583,2 кэВ (84,6%). Удельную активность ^{40}K определяли по фотопику 1460,8 кэВ (10,4%).

Методики отбора и подготовки проб почв применялись стандартные с использованием счетных геометрий Маринелли 1,0 л, Дента 0,02 л (диск $\text{Ø}=63$ мм, $h=7$ мм) и временем набора гамма-спектров не более 24 ч. Погрешность определения радионуклидов составляет 10-25%.

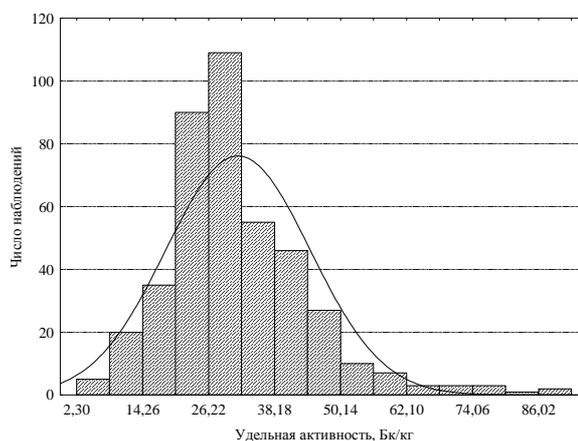
Результаты исследования и их обсуждение

Содержание ^{238}U во всех изучаемых типах почвы Ростовской области варьирует в пределах от 1,8 до 240,3 Бк/кг при среднем содержании 46,2 Бк/кг (рис. 1а). Дочерние продукты распада ^{238}U в почвах Ростовской области варьируются в следующих пределах: ^{234}Th – 101,3-276,2 Бк/кг (среднее содержание 235,6 Бк/кг). Концентрация ^{226}Ra в почвах составляет в среднем 28,2 Бк/кг (рис. 1б) и варьирует в пределах 12,3-92,6 Бк/кг. ^{210}Pb – 173,8-341,6 Бк/кг, при средней удельной активности 238,4 Бк/кг.

В ряду тория – содержания естественных радионуклидов ^{232}Th (рис. 1в) и ^{224}Ra варьируют в пределах 19,6-68,4 Бк/кг и 18,9-67,2 Бк/кг соответственно (средние – 39,0 и 38,9 Бк/кг) и совпадают в пределах погрешности определения их удельных активностей (20%), что говорит о наличии радиоактивного равновесия в ряду ^{232}Th – ^{224}Ra [коэффициент корреляции равен 0,85 при уровне значимости 0,05 (рис. 2)].



а



б

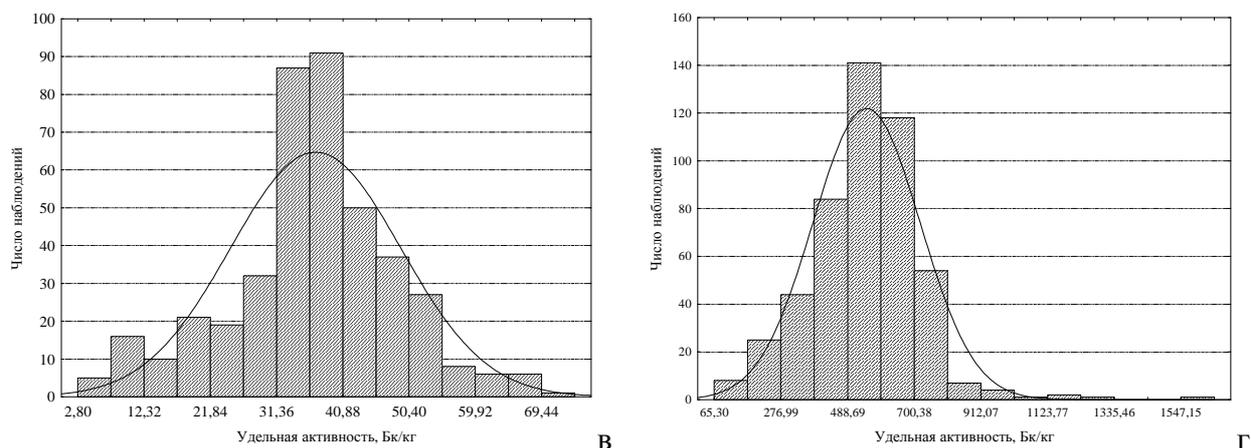


Рис. 1. Диаграммы распределения удельной активности ^{238}U (а), ^{226}Ra (б), ^{232}Th (в), ^{40}K (г) в почвах Ростовской области

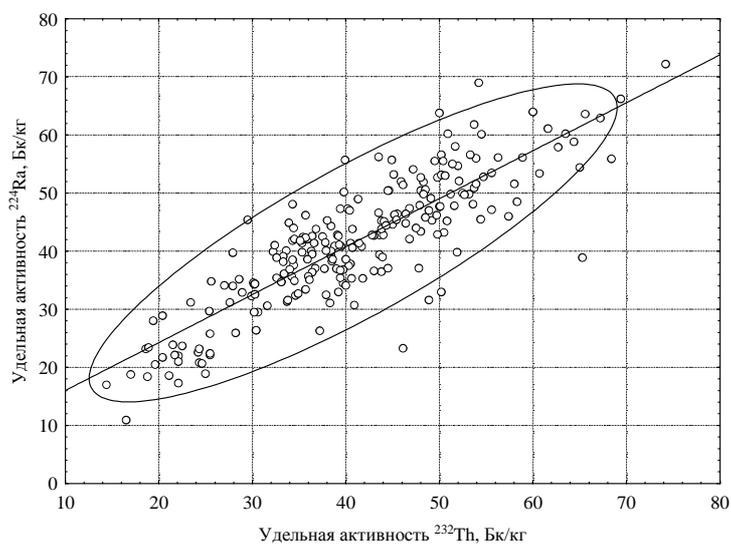


Рис. 2. Зависимость удельной активности ^{232}Th от содержания ^{224}Ra в почвах Ростовской области

Удельная активность ^{40}K варьирует в пределах 200,4–961,8 Бк/кг, при среднем содержании 455,7 Бк/кг (рис. 1г).

В таблице 1 представлены средние содержания естественных радионуклидов в наиболее распространенных типах почвы Ростовской области.

Таблица 1

Средняя удельная активность естественных радионуклидов в различных типах почв Ростовской области

Тип почвы	Средняя удельная активность, Бк/кг					
	^{238}U	^{234}Th	^{226}Ra	^{232}Th	^{224}Ra	^{40}K
Каштановая солонцеватая тяжелосуглинистая на лессовидных суглинках (Зимовниковский район)	36,0	275,5	36,1	40,9	43,5	557,3

Тип почвы	Средняя удельная активность, Бк/кг					
	²³⁸ U	²³⁴ Th	²²⁶ Ra	²³² Th	²²⁴ Ra	⁴⁰ K
Каштановая солонцеватая тяжелосуглинистая на лессовидных суглинках (Дубовский район)	64,3	255,2	35,8	45,8	46,8	575,2
Каштановая солонцеватая тяжелосуглинистая на желто-бурых суглинках (Дубовский район)	42,5	209,6	37,4	43,7	45,6	550,2
Луговато-каштановая тяжелосуглинистая на лессовидных суглинках (Волгодонский район)	42,8	323,1	47,0	45,0	45,5	556,5
Аллювиально-луговая легкосуглинистая на аллювиальных погребенных отложениях (Цимлянский район)	34,5	255,4	24,4	24,7	25,0	381,5
Чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на тяжелых суглинках (Азовский район)	178,3	256,4	52,1	32,6	33,1	542,6

Максимальные содержания ²³⁸U (160-240 Бк/кг) зафиксированы в черноземах обыкновенных карбонатных (Азовский район) и каштановых солонцеватых тяжелосуглинистых почвах (Дубовский район). В данных почвах также повышено содержание ²²⁶Ra по сравнению с другими типами почв региона исследования. Возможно, здесь играет роль минералогический состав, что является предметом дальнейших исследований. Минимальное содержание определяемых ЕРН (кроме ²³⁴Th) характерно для аллювиально-луговой легкосуглинистой почвы (Цимлянский район) (таблица 1), что можно объяснить более легким гранулометрическим составом и полугидроморфным типом почвообразования (т.е. создаются условия для водной миграции ЕРН).

Подобное распределение средних значений ЕРН по типам почвы (таблица 1) связано с физико-химическими свойствами почвы (гранулометрическим и минералогическим составом, реакцией почвенного раствора, содержанием гумуса и др.) и химическими свойствами самих радионуклидов [3]. Также все почвы [кроме аллювиально-луговой легкосуглинистой почвы на аллювиальных погребенных отложениях (Цимлянский район)] формируются при непромывном водном режиме, что тоже может оказывать влияние на закрепление радионуклидов в почвенных горизонтах.

Оцененное в данной работе содержание ЕРН в почвах Ростовской области сопоставимо с литературными данными по радионуклидному составу почв других регионов [5-7] и является фоновым для изучаемой территории [1].

Распределение удельной активности естественных радионуклидов по почвенному профилю различное (табл. 2, рис. 3, 4).

Таблица 2

Распределение естественных радионуклидов в аллювиально-луговой легкосуглинистой почве на аллювиальных погребенных отложениях (Цимлянский район)

Глубина отбора образца, см	Удельная активность, Бк/кг						
	²³⁸ U	²³⁴ Th	²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb	²³² Th	²²⁴ Ra	⁴⁰ K
0-1	11,9	334,9	24,3	206,8	40,0	34,1	224,2
1-3	22,5	341,3	27,8	173,8	30,4	26,4	270,7
3-5	9,3	350,3	27,0	204,5	28,2	25,9	299,3
5-10	19,5	330,0	25,6	195,9	33,4	36,1	243,4
10-15	20,0	341,6	30,4	200,1	36,0	35,7	261,1
15-25	10,7	339,8	30,5	192,0	29,9	32,3	209,4
25-35	32,0	354,9	34,4	204,3	19,6	20,5	255,5
35-45	26,9	331,3	37,6	202,3	27,9	34,0	283,9

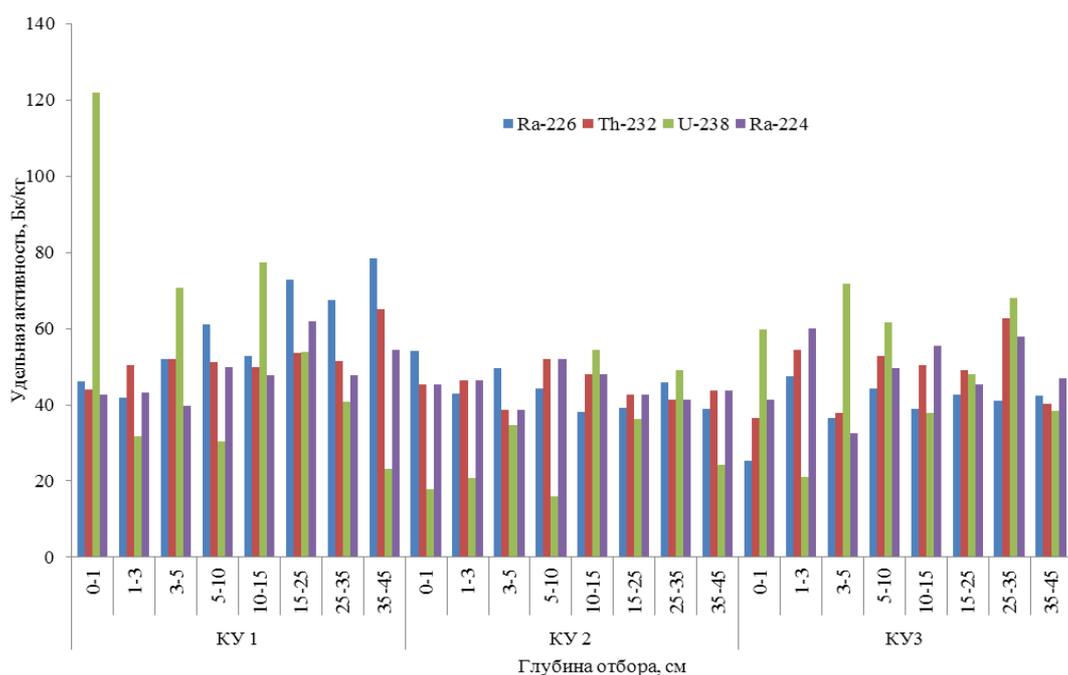


Рис. 3. Распределение естественных радионуклидов: КУ-1 – на луговато-каштановой тяжелосуглинистой почве на лессовидных суглинках; КУ-2 – на темно-каштановой солонцеватой тяжелосуглинистой почве на лессовидных суглинках; КУ-3 – на каштановой солонцеватой тяжелосуглинистой почве на лессовидных суглинках

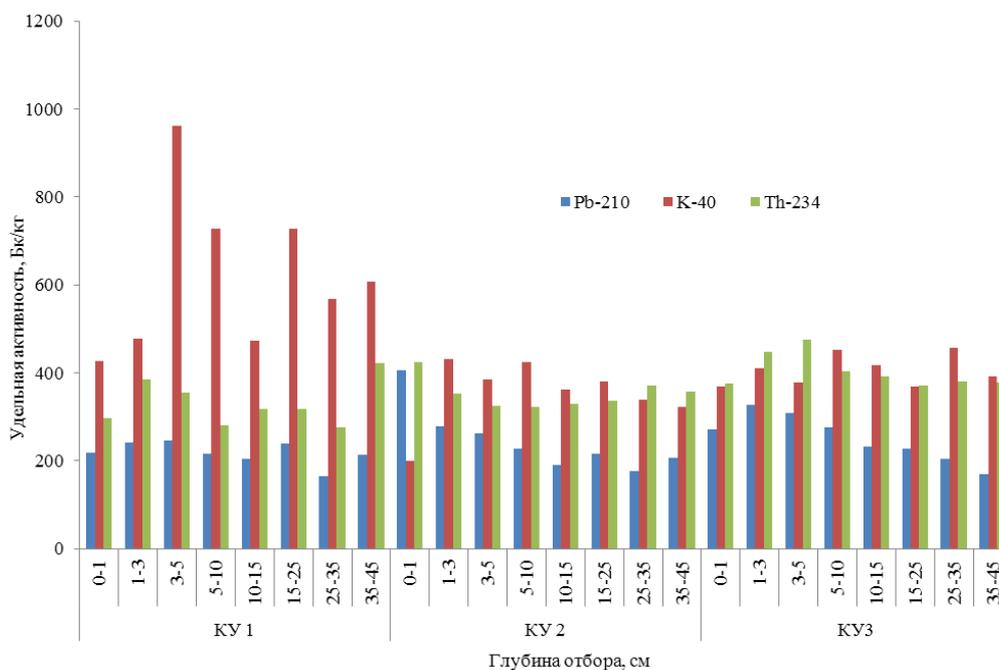


Рис. 4. Распределение естественных радионуклидов: КУ-1 – на луговато-каштановой тяжелосуглинистой почве на лессовидных суглинках; КУ-2 – на темно-каштановой солонцеватой тяжелосуглинистой почве на лессовидных суглинках; КУ-3 – на каштановой солонцеватой тяжелосуглинистой почве на лессовидных суглинках

Естественные радионуклиды ^{232}Th и ^{224}Ra в почвенных профилях Ростовской области на КУ-2 и КУ-3 (рис. 3) в основном равномерно распределены по глубине. Поведение удельной активности ^{238}U и его продуктов распада отличается достаточно резкими колебаниями (до трех раз) их содержания по профилю. Имеют место максимумы удельной активности ^{226}Ra , ^{234}Th , ^{210}Pb в верхних горизонтах (рис. 3, 4). Значительные колебания удельной активности по глубине ^{40}K имеют место только для КУ-1 (рис. 4).

Подобное распределение естественных радионуклидов в почвенных профилях связано с минералогическим и гранулометрическим составами изучаемых почв, содержанием гумуса и уровнем кислотности [9], а также с химическими свойствами самих радионуклидов и особенностями их сорбции в почвенных горизонтах.

Выводы

В целом в данной работе определен радионуклидный состав некоторых наиболее распространенных типов почвы Ростовской области. Содержания изученных ЕРН соответствуют естественным содержаниям данных радионуклидов в природных глинах и почвогрунтах данного региона. Оценены вертикальные профили распределения естественных радионуклидов земного происхождения. Распределение данных элементов по глубине, как правило, равномерное, отличается незначительными вариациями удельной активности и различно для разных типов почвы.

Для прогнозирования распределения радионуклидов по почвенному профилю необходимо рассматривать весь комплекс физико-химических характеристик в совокупности с данными о водном режиме почв и климатическими условиями региона.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 13-08-01413\13.

Список литературы

1. Бодров И.В., Бураева Е.А., Давыдов М.Г., Марескин С.А. Инструментальное определение урана и тория в природных объектах // Атомная энергия. 2004. Т. 96. В. 4. С. 271-276.
2. Геннадиев А.Н., Голосов В.Н., Чермянский С.С., Маркелов М.В., Ковач Р.Г., Беляев В.Р., Иванова Н.Н. Сравнительная оценка содержания в почвах магнитных сферул, ^{137}Cs и ^{210}Pb для целей индикации эрозионно-аккумулятивных процессов // Почвоведение. 2006. № 10. С. 1218-1234.
3. Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И., Таскаев А.И. Состояние в почвах естественных радионуклидов урана, радия и тория (обзор) // Почвоведение. 2010. № 6. С. 698-705.
4. Шиманская Е.И., Симонович Е.И. К вопросу о влиянии источников ионизированного излучения на содержание тиреотропных гормонов у жителей Ростовской области // Успехи современного естествознания. 2013. № 3. С. 130-131.
5. Alatise O.O., Babalola I.A., Olowofela J.A. Distribution of some natural gamma-emitting radionuclides in the soils of the coastal areas of Nigeria // J. Environ. Radioactivity. 2008. V. 99. № 11. P. 1746-1749.
6. Al-Hamarneh I.F., Awadallah M.I. Soil radioactivity levels and radiation hazard assessment in the highlands of northern Jordan // Radiation Measurements. 2009. V. 44. № 1. P. 102-110.
7. Doering C., Akber R., Heijnis H. Vertical distributions of ^{210}Pb excess, ^7Be and ^{137}Cs in selected grass covered soil in Southeast Queensland, Australia // J. Environ. Radioactivity. 2006. V. 87. № 2. P. 135-147.
8. Dowdall M., O'Dea J. $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ disequilibrium in an upland organic soil exhibiting elevated natural radioactivity // J. Environ. Radioactivity. 2002. V. 59. № 1. P. 91-104.
9. Strok M., Smodis B. Fractionation of natural radionuclides in soils from the vicinity of a former uranium mine Zirovski vrh, Slovenia // J. Environ. Radioactivity. 2010. V. 101. № 1. P. 22-28.

Рецензенты:

Демина Ольга Николаевна, д.б.н., доцент, директор Ботанического сада Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

Симонович Елена Ильинична, д.б.н., старший научный сотрудник лаборатории радиобиологии и экологической генетики НИИ биологии Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.