

УДК 631.41:631.438

Удельная активность радионуклидов в почвах урбанизированных территорий Ростовской области

Бураева Е.А.

Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия

buraeva@sfedu.ru

DOI: 10.18522/2308-9709-2022-40-3

Аннотация

Почвенный покров урбанизированных территорий вне зависимости от степени антропогенного влияния может подвергаться значительной нагрузке. Работа посвящена установлению особенностей распределения удельной активности естественных радионуклидов и искусственного ^{137}Cs в верхнем слое почвы некоторых городских и сельских населенных пунктов Ростовской области. Удельную активность радионуклидов в почвах определяли инструментальным гамма-спектрометрическим методом радионуклидного анализа. Средняя арифметическая удельная активность радионуклидов в почвах урбанизированных территорий Ростовской области составила 13,3 Бк/кг для ^{137}Cs , 21,4 Бк/кг, 27,3 Бк/кг и 435,9 Бк/кг для ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K соответственно. Степень урбанизации, размер и статус населенного пункта не влияют на средние концентрации радионуклидов в верхнем слое почвы. Однако могут фиксироваться территории, загрязненные различными поллютантами, например, нефтепродуктами и, как следствие, содержать достаточно высокие концентрации естественных радионуклидов.

Ключевые слова: радионуклид, почва, удельная активность, ^{137}Cs , естественные радионуклиды, урбанизированные территории

Activity concentration of radionuclides in soils of urbanized territories of the Rostov region

Buraeva E.A.

Research Institute of Physics, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

buraeva@sfedu.ru

DOI: 10.18522/2308-9709-2022-40-3

Abstract

The soil cover of urbanized areas, regardless of the degree of anthropogenic influence, can be subjected to significant pressure. The article is devoted to establishing the features of the distribution of the activity concentration of natural radionuclides and artificial ^{137}Cs in the upper soil layer of some towns and villages of the Rostov region. The activity concentration of radionuclides in soils was determined by the instrumental gamma spectrometric method of radionuclide analysis. The arithmetic mean activity concentration of radionuclides in the soils of the urbanized territories of the Rostov region was 13.3 Bq/kg, 21.4 Bq/kg, 27.3 Bq/kg and 435.9 Bq/kg for ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K , respectively. The size, status and degree of urbanization do not affect the average concentrations of radionuclides in the topsoil. In this case, territories contaminated with various pollutants, for example, oil products, can be recorded and, as a result, contain rather high concentrations of natural radionuclides.

Keywords: radionuclide, soil, activity concentration, ^{137}Cs , natural radionuclides, urban areas

Введение

Почвы на территории городских и сельских населенных пунктов подвержены значительной антропогенной нагрузке, обусловленной как деятельностью промышленных предприятий, так и выбросами автотранспорта. Вклад в загрязнение почв и сопредельных сред может быть обусловлен также особенностями отопления (преимущественно, сжиганием угля), разработкой месторождений полезных ископаемых, использованием минеральных удобрений в сельском хозяйстве и строительных материалов с различным содержанием естественных радионуклидов.

Поэтому оценка и последующий контроль удельной активности радионуклидов (как естественных дозообразующих, так и искусственного радиоцезия) на территориях городов и сельских поселений является достаточно актуальной задачей, так как это определяет радиационную безопасность населения и окружающей среды.

Интерес к общей оценке загрязненности городских территорий появился во второй половине XX века (Board, 1969), при этом детальное изучение почв городских территорий в этом отношении началось сравнительно недавно, в конце XX века (Burghardt, 1996; Строганова, 1998). На юге Европейской части России, в Ростовской области загрязненность городских почв, в том числе радионуклидами и тяжелыми металлами, активно изучается также начиная с конца 90-х годов прошлого столетия по настоящее время (Безуглова и др., 1997; Минкина и др., 2001; Горбов и др., 2015; Bezuglova et al., 2016; Шишкина, 2017; Горбов, Безуглова, 2020; Козырев и др., 2021).

На территории Ростовской области радиоэкологические исследования ежегодно проводятся Научно-практическим объединением «Тайфун» Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (НПО Тайфун, 2022) и службами Центра гигиены и эпидемиологии Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав

потребителей и благополучия человека по Ростовской области (Роспотребнадзор, 2022).

Стоит отметить, что основные исследования загрязненности почв Ростовской области посвящены Ростовской агломерации, и особое внимание уделено г. Ростову-на-Дону. При этом, радионуклидное загрязнение почв таких крупных промышленных городов, как Новочеркасск, Волгодонск, Таганрог и ряда других городов Ростовской области на данный момент не представлено в научных изданиях.

Целью данной работы является установление закономерностей распределения удельной активности естественных дозообразующих радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K) и искусственного ^{137}Cs в верхнем (0–10 см) слое почвы на территории таких городов Ростовской области, как Новочеркасск и Волгодонск. Особое внимание уделялось загрязненности городских почв в непосредственной близости от различных промышленных предприятий данных населенных пунктов.

Объекты и методы исследования

Ростовская область расположена в южной части Восточно-Европейской равнины, а территории, расположенные к югу от р. Маныч, геоморфологически приурочены к Азово-Кубанской низменной равнине. Максимальная высота рельефа составляет 250 метров над уровнем моря (). Практически вся территория Ростовской области представляет собой равнины, покрытые степной растительностью, на севере области начинается Среднерусская возвышенность, на западе – Донецкий кряж (Алексеенко, Мартынова, 2012).

Климат области — умеренно континентальный. Средние температуры: июля — $+23^{\circ}\text{C}$, января — -7°C . Среднегодовое количество осадков составляет 424 мм (Разуваев и др., 2018).

Почвенный покров Ростовской области представлен, в основном, черноземами, на востоке развиты каштановые почвы сухих и полусухих степей. Подстилающие породы на территории Ростовской области преимущественно лессовидные глины и суглинки, а также желто-бурые и пестроцветные глины (Безуглова и Хырхырова, 2008; Вальков и др., 2008).

На территории Ростовской области исследования удельной активности почв урбанизированных территорий проводились в городах Новочеркасск, Цимлянск и Волгодонск, а также в ряде сельских поселений Азовского, Мясниковского, Неклиновского, Волгодонского, Дубовского, Цимлянского и Октябрьского районов.

Радиоэкологические экспедиции по городам Ростовской области проводились в теплый сухой летне-осенний период (с июня по сентябрь).

Контрольные участки закладывались на максимально ненарушенных почвах в районах размещения предприятий, в парковых зонах и в условиях городской застройки, в спальных районах (преимущественно на пустырях). Почвы отбирались в пятикратной повторности из прикопок глубиной 0–10 см методом конверта.

Все почвенные пробы высушивались при температуре $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, измельчались, просеивались через сито с размером ячейки 1 мм и герметично упаковывались в счетные геометрии Маринелли 1 л, Маринелли 0,5 л, Чашка Петри, Дента 0,02 л (диск высотой 7 мм и диаметром 70 мм), в зависимости от количества отобранной пробы.

Удельную активность радионуклидов в почвах определяли гамма-спектрометрическим методом радионуклидного анализа. Использовали спектрометр «Прогресс-гамма сцинтилляционный» (ООО НПП Доза, 2022) и низкофоновую спектрометрическую установку на основе полупроводникового коаксиального детектора из особо чистого германия (GeHP) с эффективностью 25% в диапазоне $13\div 1500\text{кэВ}$, отношением

пик/комpton 51.7:1 (модель 7229N-7500sl-2520, Canberra Corporate Headquarters, Франция) (Бураева и др., 2007).

Искусственный радионуклид ^{137}Cs определяли по фотопику 661,7 кэВ (89,9%). Минимальная детектируемая активность ^{137}Cs составляет 1 Бк/кг. Погрешность определения удельной активности ^{137}Cs составляла 15–40%.

Естественные радионуклиды в почвах и растительности определяли следующим образом: ^{226}Ra – 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 определения ^{226}Ra результаты по трем фотопикам усредняли. ^{232}Th в природных объектах в основном находится в радиоактивном равновесии с радионуклидами его семейства ^{228}Ac , ^{211}Pb и ^{208}Tl . ^{228}Ac определяется по трем его фотопикам 338,3 кэВ (11,4%), 911,2 кэВ (27,7%) и 969,6 кэВ (17,3%). ^{211}Pb определяется по фотопику 238,6 кэВ (44,6%). ^{208}Tl определяется по фотопику 583,2 кэВ (84,6%). ^{40}K определяли по фотопику 1460,8 кэВ (10,4%). Для определения удельной активности ^{226}Ra по продуктам распада радона все пробы после герметичной упаковки в счетные геометрии до измерений на гамма-спектрометре выдерживались не менее 15 суток (Бодров и др., 2003а; Бодров и др., 2003б; Бодров и др., 2004).

Статистическая обработка результатов измерения удельной активности радионуклидов в объектах окружающей среды на урбанизированных территориях Ростовской области проводилась при помощи программного обеспечения Excel MsOffice, Origin, Statistica. Для оценки особенностей распределения радионуклидов в городских почвах определялись такие параметры, как минимум, максимум, среднее арифметическое, среднее геометрическое, мода, медиана, дисперсия выборки, коэффициенты эксцесса и асимметрии, стандартная ошибка и стандартное отклонение.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 и в табл. 1 представлены результаты статистической обработки и анализа данных по распределению удельной активности естественных радионуклидов в верхнем слое почвы урбанизированных территорий Ростовской области.

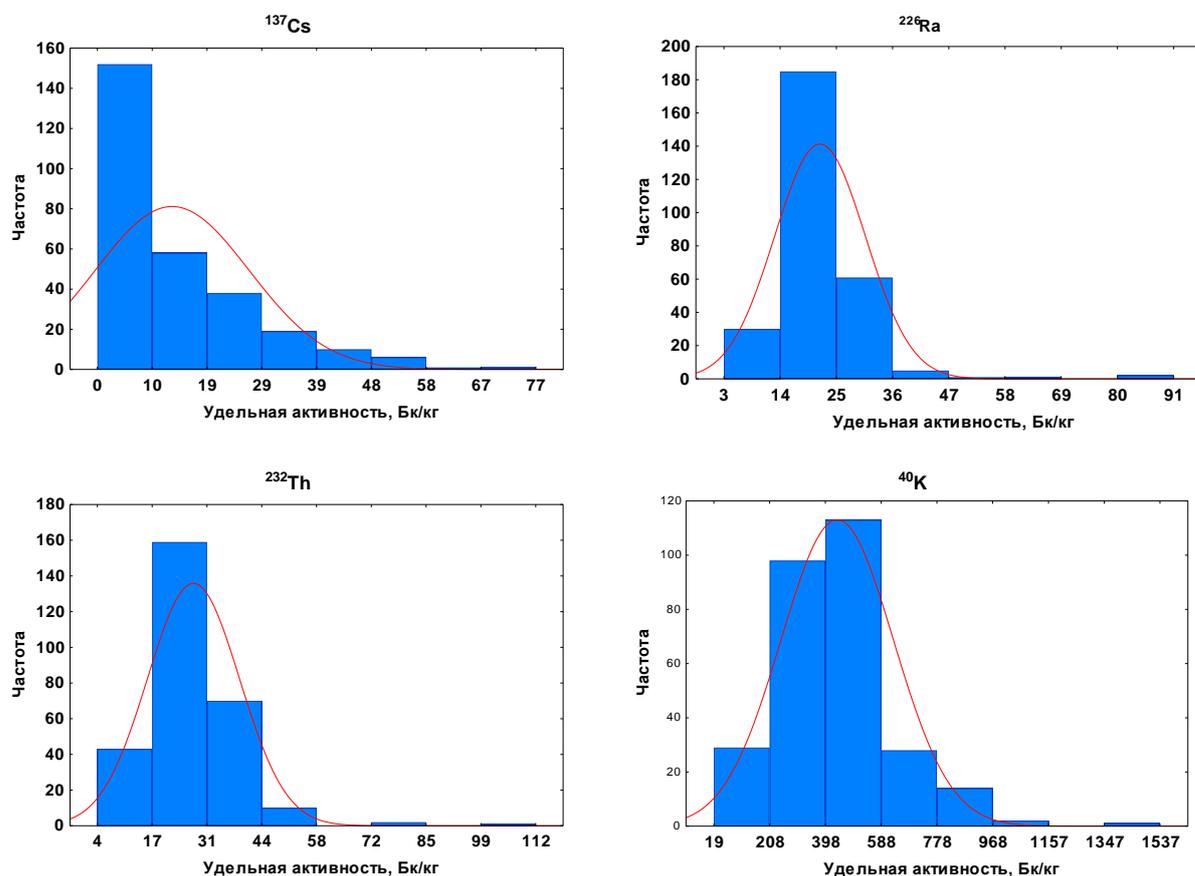


Рис. 1 – Распределение радионуклидов в почвах городских и сельских поселений Ростовской области

Таблица 1 – Результаты статистической обработки данных по удельной активности радионуклидов в почвах городских и сельских Ростовской области

Параметр	Радионуклид			
	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Минимум, Бк/кг	0,3	2,8	3,6	18,7
Максимум, Бк/кг	76,9	90,5	112,4	1537,0
Среднее арифметическое, Бк/кг	13,3	21,4	27,3	435,9
Среднее геометрическое, Бк/кг	6,2	19,9	24,9	391,3

Параметр	Радионуклид			
	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Медиана, Бк/кг	8,9	21,2	26,9	423,1
Мода, Бк/кг	0,3	25,8	28,4	441,0
Стандартная ошибка, мкЗв/ч	0,8	0,5	0,7	11,3
Стандартное отклонение	13,4	8,8	11,4	190,8
Дисперсия выборки	180,2	77,8	129,5	36421,2
Эксцесс	2,3	20,3	13,0	4,0
Асимметричность	1,4	3,1	2,1	1,1
Количество проб, шт	285			

Загрязнение искусственным радионуклидом ¹³⁷Cs почв Ростовской области произошло в результате аварии на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986 года). Несмотря на то, что Ростовская область в целом не пострадала от чернобыльских выпадений, радиоцезий пятнами и полосами все же выпадал по территории региона (Израэль и др., 1990; Атлас, 2009). Это объясняет неоднородное (неравномерное) распределение ¹³⁷Cs в верхнем почвенном слое в районах расположения городских и сельских поселений (рис. 1). Средние значения удельной активности радиоцезия, полученные в работе (табл. 1), согласуются с данными мониторинговых служб по Ростовской области (НПО Тайфун, 2022; Роспотребнадзор, 2022).

Распределение естественных радионуклидов (ЕРН) в верхнем слое городских почв Ростовской области равномерное, при этом в отдельных пробах фиксируются достаточно высокие удельные активности ЕРН (в 3–5 раз превышающие средние значения) и требующие отдельного детального анализа. Наличие участков с повышенными концентрациями ЕРН не оказывает значимого влияния на радиационную безопасность населения и окружающей среды и не влияет на мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на территории Ростовской области (Бураева и др., 2013а).

В целом, удельная активность естественных радионуклидов и искусственного радиоцезия в городских почвах сопоставима с данными,

полученными ранее для Ростовской области (Бураева и др., 2010; Бураева и др., 2013б) и соответствует средним мировым значениям (UNSCEAR, 2008).

В табл. 2 представлены результаты сравнительного анализа удельной активности радионуклидов в верхнем (0–10 см) слое почвы территорий городских и сельских поселений.

Таблица 2 – Сопоставление удельной активности радионуклидов в почвах городских и сельских поселений

Параметр	Радионуклид			
	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Городские населенные пункты				
Минимум, Бк/кг	0,3	2,8	3,6	18,7
Максимум, Бк/кг	41,3	90,5	112,4	1537,0
Среднее арифметическое, Бк/кг	6,6	21,1	29,1	476,9
Среднее геометрическое, Бк/кг	3,1	19,5	26,5	419,4
Медиана, Бк/кг	3,9	20,5	28,4	442,0
Мода, Бк/кг	0,3	22,6	20,6	378,0
Стандартная ошибка, Бк/кг	0,6	0,7	1,0	16,9
Стандартное отклонение, Бк/кг	7,6	8,9	12,6	219,8
Количество проб, шт	170			
Сельские населенные пункты				
Минимум, Бк/кг	0,5	5,9	4,8	115,9
Максимум, Бк/кг	76,9	80,2	44,2	573,0
Среднее арифметическое, Бк/кг	23,1	21,8	24,6	375,2
Среднее геометрическое, Бк/кг	17,7	20,4	22,7	353,2
Медиана, Бк/кг	21,5	21,8	24,8	380,9
Мода, Бк/кг	16,5	19,6	24,8	441,0
Стандартная ошибка, Бк/кг	1,3	0,8	0,8	10,6
Стандартное отклонение, Бк/кг	14,1	8,7	8,7	113,5
Количество проб, шт	115			

Средние арифметические удельные активности естественных радионуклидов в почвах городских и сельских поселений Ростовской области сопоставимы как в пределах стандартных отклонений, так и в пределах погрешности определения ($\approx 30\%$). И в городских почвах, и в почвах сельских поселений фиксируются отдельные пробы, в которых концентрация ЕРН превышает средние значения в два и более раза. Контрольные участки, на которых выявлены подобные удельные активности ЕРН требуют отдельного

детального анализа с установлением причин повышенного содержания естественных радионуклидов.

Среди промышленных центров Ростовской области особое место занимает г. Новочеркасск. В городской черте расположены: филиал ОАО «ОГК – 2» Новочеркасская ГРЭС (НчГРЭС), ОАО «ЭПМ – Новочеркасский электродный завод» (ЭЗ), ООО «ПК Новочеркасский электровозостроительный завод» (НЭВЗ). При этом, НчГРЭС и ЭЗ относятся к первому классу опасности, а НЭВЗ – ко второму классу опасности, согласно Федеральному закону №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Несмотря на то, что Новочеркасск является одним из самых загрязненных городов Российской Федерации (Химченко, 2000; Горобцова, 2007; Голубцов, 2020), исследований, посвященных оценке экологического состояния данного города недостаточно.

Таблица 3 – Удельная активность радионуклидов в почвах из разных районов г. Новочеркаска

Контрольный участок	Средняя арифметическая удельная активность ± Погрешность, Бк/кг			
	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Харьковское шоссе (ХАР)	9,3±2,6	25,3±6,9	23,5±8,2	371,4±111,3
Парк в пос. Соцгород (ПАРК)	12,4±3,7	28,9±7,4	31,0±7,6	387,0±121,2
НЭВЗ	17,2±5,1	20,2±7,1	22,0±7,1	242,3±79,5
Электродный завод (ЭЗ)	6,6±2,2	21,8±7,0	25,6±7,3	342,6±114,3
Пруд-отстойник (ПРУД)	5,1±1,8	38,2±9,3	39,5±8,5	562,7±151,3
Ул. Трамвайная (ТРАМ)	22,9±7,3	21,1±7,1	23,6±8,2	364,7±126,8

Распределение естественных радионуклидов в почвах на территории спальных районов (участки ТРАМ, ХАР), парковой зоны (ПАРК) и вокруг промышленных предприятий (НЭВЗ, ЭЗ) равномерное и совпадает в пределах погрешности измерения (≈30%). Особо выделяется участок ПРУД (табл. 3), на котором максимальные значения удельной активности естественных радионуклидов фиксировались в пределах 90,5, 112,4, 1537,0

Бк/кг для ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K соответственно, и в среднем, выше на 50–70%, чем на остальных контрольных участках. Такие содержания данных элементов могут быть связаны с тем, что участок ПРУД расположен на берегу пруда-отстойника Электродного завода (ЭЗ) и почвы береговой зоны в значительной степени загрязнены нефтепродуктами.

В таблице 4 представлены результаты определения средней арифметической удельной активности радионуклидов в почвах г. Новочеркаска, а также в почвах природно-техногенной территории Новочеркасской ГРЭС и заповедников Персиановская степь (ПСС) и Приазовская степь (АС).

Таблица 4 – Сравнение удельных активностей радионуклидов в почвах территорий Ростовской области с различной антропогенной нагрузкой

Радионуклид	Удельная активность, Бк/кг			
	г. Новочеркасск	НчГРЭС	ПСС	АС
^{137}Cs	17,7	22,0	56,8	16,4
^{226}Ra	25,5	17,0	25,1	25,5
^{232}Th	26,7	29,0	35,6	27,4
^{40}K	367,9	510,0	506,0	386,2

Сопоставление радионуклидного состава почв г. Новочеркаска с природно-техногенными и природными территориями Ростовской области (все они относятся к черноземной зоне) показало, что удельная активность естественных радионуклидов совпадает в пределах погрешности.

В зоне распространения каштановых почв оценку радионуклидного состава почв проводили на территории г. Волгодонска. Пробы почвы отбирались в парковых и спальных районах (Город), а также в районе размещения крупных предприятий: ОАО «Волгодонский комбинат древесных плит» (ВКДП), Волгодонский химический завод «Кристалл» (ВХЗ), Завод «Атоммаш» (АТМШ). На рис. 2 и в табл. 5 представлены результаты статистической обработки данных по удельной активности радионуклидов в почвах г. Волгодонска.

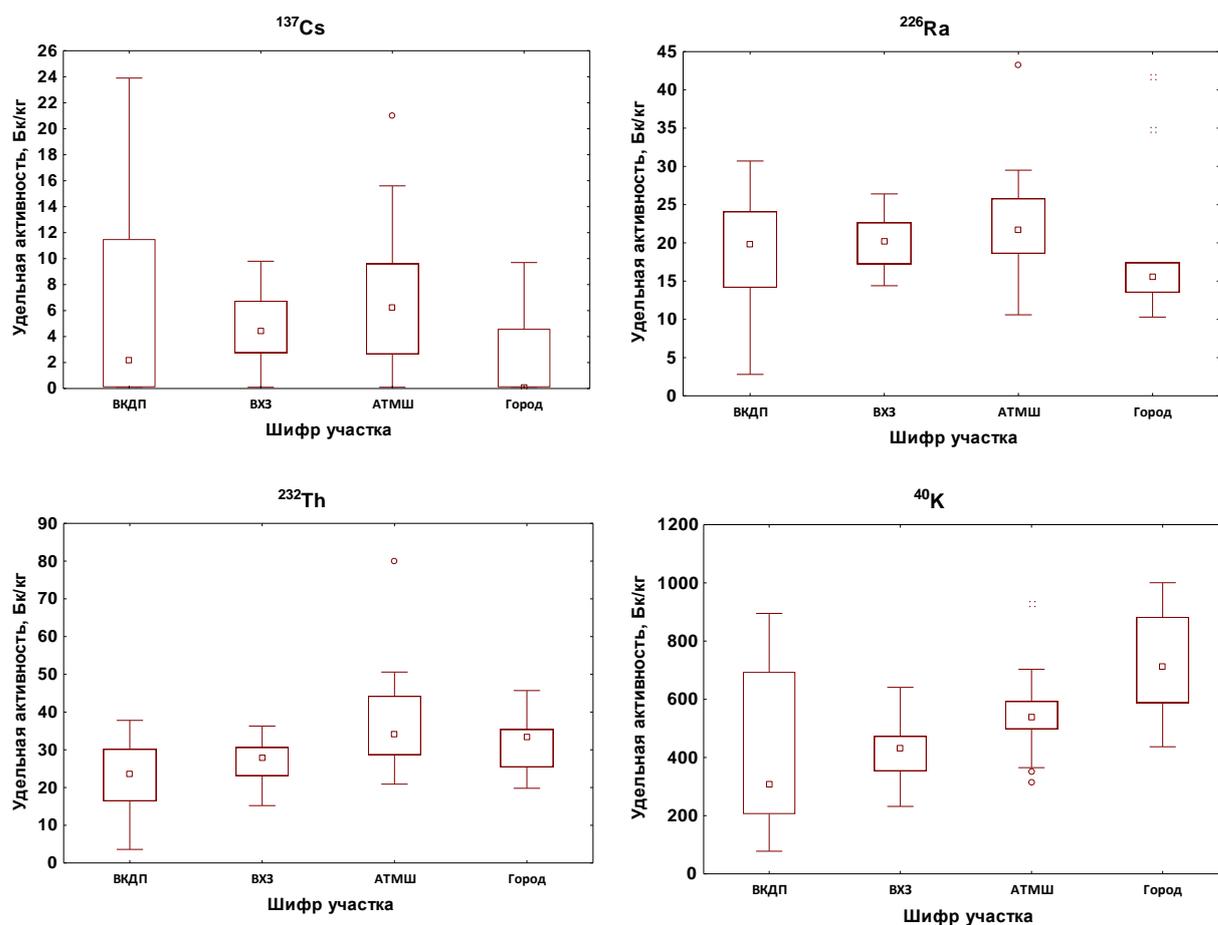


Рис. 2 – Распределение удельной активности радионуклидов в почвах г. Волгодонска

Таблица 5 – Средние значения удельной активности радионуклидов в почве 0–10 см на территориях предприятий г. Волгодонска и зоны наблюдения Ростовской АЭС

Шифр участка	$A_{\text{уд}}$, Бк/кг			
	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
КУ 12	14,7	46,0	44,0	427,0
КУ 201	6,7	14,9	15,1	334,5
ВКДП	6,0	18,6	22,2	414,3
ВХЗ	4,8	19,9	27,4	425,5
АТМШ	6,7	22,4	37,7	545,8
Город	2,0	19,1	31,6	714,3
Заповедник Ростовский	6,3	26,8	32,0	538,0

Удельные активности естественных радионуклидов в верхнем слое почвы на территории г. Волгодонска, в том числе и в районах расположения крупных промышленных предприятий сопоставимы как с контрольными участками зоны наблюдения Ростовской АЭС (КУ 12 и КУ 201), так и с удельной активностью радионуклидов в почвах также расположенного в каштановой зоне заповедника «Ростовский» (с полусухим континентальным климатом).

Заключение

Удельная активность естественных радионуклидов в почвах городских и сельских поселения Ростовской области варьирует в широких пределах и не зависит от размера и статуса населенного пункта. В отдельных точках отбора фиксируются повышенные удельные активности ЕРН, связанные с загрязнениями почвы нефтепродуктами и иными поллютантами с повышенным содержанием ЕРН, требующие детального исследования подобных территорий и определения источников ЕРН в почвах.

Вариации содержания искусственного ^{137}Cs обусловлены как неравномерным выпадением данного радионуклида после аварии на Чернобыльской АЭС, так и особенностями городских почв – любое строительство и обустройство парковых зон приводит к нарушениям целостности почвы, перемешиванию почвенных горизонтов и влияет на концентрацию данного радионуклида в верхних слоях почвы.

Степень урбанизации не влияет на общее содержание радионуклидов в почвах. Стоит отметить, что детальный анализ загрязненности радионуклидами урбанизированных территорий, особенно в населенных пунктах, расположенных в непосредственной близости от предприятия

ядерной топливной энергетики, позволяет снизить социальную напряженность среди населения, связанную с радиофобией.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032), (БА30110/20-3-07ИФ).

Список литературы

1. Алексеенко В.Н., Мартынова М.И. География Ростовской области. Учебник. Ростов-на-Дону: Терра, 2012. 120 с.
2. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АС ПА Россия-Беларусь) / Под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. — Москва—Минск: Фонд «Инфосфера»—НИА-Природа, 2009. 140 с.
3. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Шестопапов А.В. О загрязнении городских почв тяжелыми металлами // Современные проблемы охраны земель. Тр. межгосударств. научн. конф. (Киев, 10—12 сентября 1997 г.). Ч.3. Киев, 1997. С.97—99.
4. Безуглова О. С., Хырхырова М. М. Почвы Ростовской области: учебное пособие. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. 352 с.
5. Бодров И.В., Бураева Е.А., Давыдов М.Г., Марескин С.А. Ядерно-физические методы определения урана и тория в почвах и донных отложениях. Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион // Естественные науки. Приложение. 2003а. №10. С. 32–38.
6. Бодров И.В., Бураева Е.А., Давыдов М.Г., Марескин С.А., Рахманов И.Б. Уран и торий в объектах окружающей среды: инструментальные ядерно-физические методы определения // Научная мысль Кавказа. 2003б. №3. — С. 24–37.

7. 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.
8. Бураева Е.А., Давыдов М.Г., Зорина Л.В., Кобцева М.А., Стасов В.В.
Радиоэкологический мониторинг зоны наблюдения Волгоградской АЭС // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – Специальный выпуск. 2010. №2а. С. 154–159.
9. Бураева Е.А., Давыдов М.Г., Зорина Л.В., Стасов В.В. Компоненты фона Ge(Li)- и GeНР-детектора в пассивной защите // Атомная энергия. 2007. Т.103. В.5. С. 318–322.
10. Бураева Е.А., Малышевский В.С., Нефедов В.С., Тимченко А.А., Горлачев И.А., Семин Л.В., Шиманская Е.И., Триболина А.Н., Кубрин С.П., Гуглев К.А., Толпыгин И.Е., Мартыненко С.В. Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения природных и урбанизированных территорий Северного Кавказа // Фундаментальные исследования. 2013а. №10 (часть 5). С. 1073–1077.
11. Бураева Е.А., Малышевский В.С., Шиманская Е.И., Вардуни Т.В., Триболина А.Н., Гончаренко А.А., Гончарова Л.Ю., Тоцкая В.С., Нефедов В.С. Содержание и распределение естественных радионуклидов в различных типах почвы Ростовской области // Современные проблемы науки и образования. 2013б. № 4; URL: www.science-education.ru/110-9652.
12. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2008. 276 с.
13. Голубцов А.Р. Геоэкологическая оценка состояния окружающей среды Новочеркасска // Устойчивое развитие науки и образования. 2020. № 3. С. 78–84.
14. Горбов С.Н., Бураева Е.А., Тагивердиев С.С., Безуглова О.С., Нефедов В.С., Дергачева Е.В., Стасов В.В., Козырев Д.А. Содержание

- радионуклидов в почвах Ростовской агломерации // Материалы научной конференции «Биология и экология почв». Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. 2015. С. 26–28.
15. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах Ростовской агломерации. Ростов-на-Дону; Таганрог, 2020. 124 с. DOI: 10.18522/801273349.
 16. Горобцова О.Н. Экологическая оценка уровня загрязнения почв и растительности 3,4-бенз(а)пиреном в зоне влияния Новочеркасской ГРЭС: автореф. дис. ... к.б.н., Ростов-на-Дону, 2007. 24 с.
 17. Израэль Ю.А., Вакуловский С.М., Ветров В.А., Петров В.Н., Ровинский Ф.Я., Стукин Е.Д. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. Л. Гидрометеиздат, 1990. 223 с.
 18. Козырев Д.А., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Бураева Е.А., Тагивердиев С.С., Плахов Г.А., Сальник Н.В. Удельная активность радионуклидов и их взаимосвязь с валовым химическим составом почв // Известия ВУЗОВ. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2021. №1. С. 71–81. DOI 10.18522/1026-2237-2021-1-71-81.
 19. Минкина Т. М., Скуратов Н. С., Докучаева Л. М. Тяжелые металлы в почвах и растениях г. Новочеркаска // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2001. № 3. С. 68–71.
 20. НПО Тайфун. Научно-практическое объединение «Тайфун» Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Официальный сайт [Электронный ресурс]. Доступ: <https://www.rpatyphoon.ru/>, Доступен 15.01.2022.
 21. ООО НПП Доза. Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Доза» Официальный сайт. [Электронный ресурс] Доступ: <https://www.doza.ru/> Доступен 05.07.2022 г.

22. Разуваев В.Н. Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Клещенко Л.К., Кузнецова В.Н., Трофименко Л.Т., Шерстюков А.Б., Швець Н.В., Давлетшин С.Г., Зверева Г.Н. Климат России. Научно-прикладной справочник, 2018. Режим доступа: <http://aisori-m.meteo.ru/climsprn/> Доступен 15.03.2021.
23. Роспотребнадзор. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ростовской области. Официальный сайт. [Электронный ресурс] Доступ: <http://www.61.rospotrebnadzor.ru/>. Доступен 05.07.2022 г.
24. Строганова М.Н. Городские почвы: генезис, классификация, экологическое значение (на примере г. Москвы): автореф. дис. ... доктора биол. наук: 03.00.27. – М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, 1998. 71 с.
25. Химченко А.Г. Эколого-геохимическая оценка ландшафтов города Новочеркасска: дис. ... канд. г.-м. наук. Ростов-на-Дону, 2000. 199 с.
26. Шишкина Д. Ю. Тяжелые металлы в почвах Ростова-на-Дону: монография. Ростов н/Д; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2017. 98 с.
27. Bezuglova Olga S., Gorbov Sergey N., Tischenko Svetlana A., Aleksikova Alexandra S., Tagiverdiev Suleiman S., Sherstnev Aleksey K., Dubinina Marina N.. Accumulation and migration of heavy metals in soils of the Rostov region, south of Russia //J. of Soils and Sediments. 2016. 16(4). P. 1203–1213. <https://DOI 1007/s11368-015-1165-8>.
28. Board, L.M. Problems and Priorities in Combating Air, Water, and Soil Pollution in Developing Countries // Archives of Environmental Health. 1969. 18 (2). P. 260–264.
29. Burghardt W. Boden und Böden in der Stadt /W. Burghardt / Urbaner Bodenschutz (ed.): Arbeitskreis Stadtböden der DBG, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 1996. P. 7 – 24. [in German].
30. UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR Report

to the General Assembly with Scientific Annexes, Vol. I, Annex B: Exposures of the public and workers from various sources of radiation. UN, NY, 2008. 463p.

References

1. Alekseenko V.N., Martynova M.I. Geography of the Rostov region. Textbook. Rostov-on-Don: Terra, 2012. 120 p.
2. Atlas of Modern and Forecast Aspects of the Consequences of the Chernobyl Accident in the Affected Territories of Russia and Belarus (AS PA Russia-Belarus) / Ed. Yu.A. Israel and I.M. Bogdevich. - Moscow-Minsk: Infosphere Foundation - NIA-Priroda, 2009. 140 p.
3. Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Shestopalov A.V. On the pollution of urban soils with heavy metals // Modern problems of land protection. Tr. interstate scientific conf. (Kyiv, September 10-12, 1997). Part 3. Kyiv, 1997. P.97-99.
4. Bezuglova O. S., Khyrkhyrova M. M. Soils of the Rostov region: a textbook / O. S. Bezuglova, M. M. Khyrkhyrova. Rostov n / D: Publishing House of the Southern Federal University, 2008. 352 p.
5. Bezuglova Olga S., Gorbov Sergey N., Tischenko Svetlana A., Aleksikova Alexandra S., Tagiverdiev Suleiman S., Sherstnev Aleksey K., Dubinina Marina N.. Accumulation and migration of heavy metals in soils of the Rostov region, south of Russia //Journal of Soils and Sediments. 2016. 16(4). P. 1203-1213. <https://DOI 1007/s11368-015-1165-8>.
6. Board, L.M. Problems and Priorities in Combating Air, Water, and Soil Pollution in Developing Countries. // Archives of Environmental Health. 1969 18(2). P. 260–264.
7. Bodrov I.V., Buraeva E.A., Davydov M.G., Mareskin S.A. Nuclear-physical methods for the determination of uranium and thorium in soils and bottom

- sediments. Proceedings of universities. North Caucasian region. // Natural Sciences. Application. 2003a. No 10. P. 32–38.
8. Bodrov I.V., Buraeva E.A., Davydov M.G., Mareskin S.A., Rakhmanov I.B. Uranium and thorium in environmental objects: instrumental nuclear-physical methods of determination. // Scientific thought of the Caucasus. 2003b. No 3. P. 24–37.
 9. Bodrov I.V., Buraeva E.A., Davydov M.G., Mareskin S.A. Instrumental determination of uranium and thorium in natural objects. // Atomic Energy. 2004. V.96. Is.4. P. 271–276.
 10. Buraeva E.A., Davydov M.G., Zorina L.V., Kobtseva M.A., Stasov V.V. Radioecological monitoring of the observation zone of the Volgodonsk NPP. // Proceedings of universities. North Caucasian region. Technical science. Special issue. 2010. No 2a. P. 154–159.
 11. Buraeva E.A., Davydov M.G., Zorina L.V., Stasov V.V. Background components of the Ge(Li)- and GeHP-detector in passive shielding // Atomic Energy. 2007. V.103. Is. 5. P. 318–322.
 12. Buraeva E.A., Malyshevsky V.S., Nefedov V.S., Timchenko A.A., Gorlachev I.A., Semin L.V., Shimanskaya E.I., Tribolina A.N., Kubrin S. .P., Guglev K.A., Tolpygin I.E., Martynenko S.V. Equivalent dose rate of gamma radiation in natural and urban areas of the North Caucasus // Fundamental Research. 2013a. No 10 (part 5). P. 1073–1077.
 13. Buraeva E.A., Malyshevsky V.S., Shimanskaya E.I., Varduni T.V., Tribolina A.N., Goncharenko A.A., Goncharova L.Yu., Totskaya V.S., Nefedov V. The content and distribution of natural radionuclides in various types of soil in the Rostov region // Modern problems of science and education. 2013b. No 4; URL: www.science-education.ru/110-9652.
 14. Burghardt W. Boden und Böden in der Stadt /W. Burghardt / Urbaner Bodenschutz (ed.): Arbeitskreis Stadtböden der DBG, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996. P. 7–24. [in German].

15. Golubtsov A.R. Geocological assessment of the state of the environment of Novocherkassk // Sustainable development of science and education. 2020. No 3. P. 78–84.
16. Gorbov S.N., Buraeva E.A., Tagiverdiev S.S., Bezuglova O.S., Nefedov V.S., Dergacheva E.V., Stasov V.V., Kozyrev D.A. The content of radionuclides in the soils of the Rostov agglomeration // Proceedings of the scientific conference "Biology and Ecology of Soils". Rostov-on-Don: SFU Publishing House. 2015. P. 26–28.
17. Gorbov S.N., Bezuglova O.S. Heavy metals and radionuclides in the soils of the Rostov agglomeration. – Rostov-on-Don; Taganrog, 2020. 124 p. DOI: 10.18522/801273349.
18. Gorobtsova O.N. Ecological assessment of the level of soil and vegetation contamination with 3,4-benz(a)pyrene in the zone of influence of the Novocherkasskaya HPP: Ph.D dissertation abstract, Rostov-on-Don, 2007. 24 p.
19. Izrael Yu.A., Vakulovsky S.M., Vetrov V.A., Petrov V.N., Rovinsky F.Ya., Stukin E.D. Chernobyl: radioactive contamination of natural environments. - L. Gidrometeoizdat, 1990. 223 p.
20. Khimchenko A.G. Ecological and geochemical assessment of the landscapes of the city of Novocherkassk: Ph.D dissertation, Rostov-on-Don, 2000. 199 p.
21. Kozyrev D.A., Gorbov S.N., Bezuglova O.S., Buraeva E.A., Tagiverdiev S.S., Plakhov G.A., Salnik N.V. Specific activity of radionuclides and their relationship with the gross chemical composition of soils. Izvestiya VUZOV. North Caucasian region. Natural Sciences. 2021. No. 1. P. 71-81. DOI 10.18522/1026-2237-2021-1-71-81.
22. LLC NPP Doza. Limited Liability Company "Scientific and Production Enterprise "Doza" Official site. [Electronic resource] Access: <https://www.doza.ru/> Accessed 07/05/2022.

23. Minkina T. M., Skuratov N. S., Dokuchaeva L. M. Heavy metals in soils and plants of Novocheerkassk // *Izvestiya vuzov. North Caucasian region. Series: Natural Sciences.* - 2001. - No. 3. - S. 68–71.
24. NPO Typhoon. Scientific and Practical Association "Typhoon" of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Official site [Electronic resource]. Access: <https://www.rpatyphoon.ru/>, Accessed 01/15/2022.
25. Razuvaev V.N. Bulygina O.N., Korshunova N.N., Kleshchenko L.K., Kuznetsova V.N., Trofimenko L.T., Sherstyukov A.B., Shvets N.V., Davletshin S.G., Zvereva G. .N. Scientific and applied guide "Climate of Russia", 2018. Access mode: <http://aisori-m.meteo.ru/climsprn/> Accessed 03/15/2021.
26. Rospotrebnadzor. Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Rostov Region. Official site. [Electronic resource] Access: <http://www.61.rospotrebnadzor.ru/>. Available 07/05/2022.
27. Shishkina D. Yu. Heavy metals in the soils of Rostov-on-Don: monograph. Rostov n/a; Taganrog: Publishing House of Southern Federal University, 2017. - 98 p.
28. Stroganova M.N. Urban soils: genesis, classification, ecological significance (on the example of Moscow): doctor of Biology Sciences abstract of dissertation: 03.00.27. M., 1998. 71 p.
29. Valkov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Soils of the South of Russia. Rostov-on-Don: Everest Publishing House, 2008. 276 p.