УДК 551.521.2:54.027:54-78:550.424

СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ТЕРРИТОРИИ НОВОЧЕРКАССКОЙ ГРЭС

Федченко Т.М., Бураева Е.А., Минкина Т.М., Триболина А.Н., Нефедов В.С., Мартыненко С.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону,
e-mail: buraeva_elena@mail.ru, fedchenko.t11@yandex.ru, nv060790@yandex.ru

Представлены результаты радиоэкологического обследования почв территории Новочеркасской ГРЭС. Оценено содержание и вертикальное распределение естественных радионуклидов ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K и искусственного ^{137}Cs в почвенных профилях региона исследования. Показано, что удельная активность радионуклидов соответствует фоновым значениям для Ростовской области. Наибольшая концентрация элементов зафиксирована в поверхностном слое (0–5 см) почвы. Миграция ЕРН и ^{137}Cs по глубине зависит от физико-химических свойства почв и от степени техногенной нагрузки, существенное влияние оказывает гранулометрический и минералогический состав почвы, а также материнская порода. Содержание ^{137}Cs в почвах обусловлено глобальными и чернобыльскими выпадениями. Вертикальное распределение естественных радионуклидов в основном равномерное. Удельная активность ^{137}Cs в почвенных профилях уменьшается с глубиной.

Ключевые слова: радионуклиды, почва, профиль, распределение, предприятия энергетики

DISTRIBUTION OF RADIONUCLIDES IN SOIL AROUND THE NOVOCHERKASSK GRES

Fedchenko T.M., Buraeva E.A., Minkina T.M., Tribolina A.N., Nefedov V.S., Martynenko S.V.

Southern Federal University,
e-mail: buraeva_elena@mail.ru, fedchenko.t11@yandex.ru, nv060790@yandex.ru

The results of the radiological survey of soils territory Novocherkassk GRES are submitted. Assessed the content and vertical distribution of natural radionuclides ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K and artificial ^{137}Cs in soil profiles in the region of the study. It is shown that the specific activity of radionuclides corresponds to the background values for the Rostov region. The concentration of ^{137}Cs in the soil due to the global and Chernobyl fallout. The vertical distribution of natural radionuclides, mainly uniform. Specific activity ^{137}Cs in soil profiles decreases with depth. The highest concentration of items recorded in the surface layer (0–5) soil. Migration NRN and 137Cs in depth depends on the physicochemical properties of soil and the degree of anthropogenic load, influence of the particle size distribution and the mineralogical composition of the soil, as well as maternal breed. The territory, located in the direction of the wind rose (preferential winds are easterly directions), are experiencing pressure from the additional sources of emissions.

Keywords: radionuclides, soil, profile, distribution, regional power station

При работе большинства предприятий энергетики в результате сжигания углеводородного топлива в объекты окружающей среды (атмосферу, гидросферу, почву) попадает большое количество токсичных веществ, в том числе тяжелых металлов и естественных радионуклидов.

Уголь как наиболее распространенный в природе материал содержит значительное количество естественных радионуклидов, таких как ^{40}K, ^{238}U, ^{232}Th и их продуктов распада. В целом при сжигании угля основная часть естественных радионуклидов (ЕРН) (99 %) выбрасывается как тонкодисперсные включения вместе с остатками летучей золы.

При сжигании угля в золе концентрируются такие естественные радионуклиды, как ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{210}Po и ^{210}Pb. Нелетучие компоненты радия и тория остаются преимущественно в отходах. ^{210}Po и ^{210}Pb при горении улетучиваются, а затем конденсируются на мелких частицах летучей золы. Удельная активность естественных радионуклидов в углях различных месторождений различается в10^2–10^3 и более раз [1]. Например, пределы вариации содержания урана в месторождениях мира составляют 0,6–3600 Бк/кг, при наличии в районах месторождений урановых аномалий – 3,6–8,4·10^4 Бк/кг. Например, содержание урана в углях составляет: в США – 245,0 Бк/кг, в Донбассе и Кузбассе – до 1,2·10^2 Бк/кг [1], в Греции – в пределах от 117,0 до 435,0 Бк/кг [5].

Удельная активность естественных радионуклидов ^{226}Ra и ^{232}Th также варьируется в достаточно широких пределах: от 24,3 Бк/кг в Греции [5] до 607,0 Бк/кг (Китай) – для ^{226}Ra и в пределах 21,3 Бк/кг (Вьетнам) – 235,0 Бк/кг (Греция) – для ^{232}Th [5]. Вариации ^{40}K в углях незначительны – 300–850 Бк/кг [4].

Оценка удельной активности ЕРН в золошлаковых отходах показала, что их

содержание варьируется в следующих пределах: для ^{226}Ra – от 32,0 до 129,0 Бк/кг, для ^{232}Th – от 30,0 до 78,0 Бк/кг, для ^{40}K – от 526,0 до 1260,0 Бк/кг [3].

Материалы и методы исследования

ОАО «Новочеркасская ГРЭС» (НчГРЭС) – одна из крупнейших тепловых электростанций России – является основным источником выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду не только в городе Новочеркасске, но и во всей Ростовской области.

Почва является наиболее емким и самым инерционным звеном в цепочках переноса радионуклидов в биологические объекты. Поэтому проблеме поведения радионуклидов в почве уделяется особое внимание [2].

Данная работа посвящена первичной оценке содержания и распределения естественных радионуклидов (ЕРН – ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) и искусственного (ИРН)^{137}Cs в почвах природно-техногенной зоны НчГРЭС.

Мониторинговые площадки были заложены в 2009 году. Они расположены на разном удалении от НчГРЭС (1–20 км) и приурочены к точкам единовременного отбора проб воздуха, который проводился при разработке проекта по организации и обустройстве санитарно-защитной зоны. Площадка № 2 представлена аллювиально-карбонатными слабогумусированными песчаными почвами на аллювиальных отложениях. Почвы площадки № 3 относятся к лугово-черноземным почвам на аллювиальных отложениях. Остальные площадки представлены карбонатными черноземами и лугово-черноземными почвами на лессовидных суглинках.

В соответствии с розой ветров было определено так называемое «генеральное направление» – прямая, проходящая от источника загрязнения через селитебные зоны г. Новочеркасска и станицы Кривянской. По линии «генерального направления» образцы отбирались в почвах мониторинговых площадок № 4, № 8, № 9, № 10. На рис. 1 приведено расположение точек отбора почвенных проб.

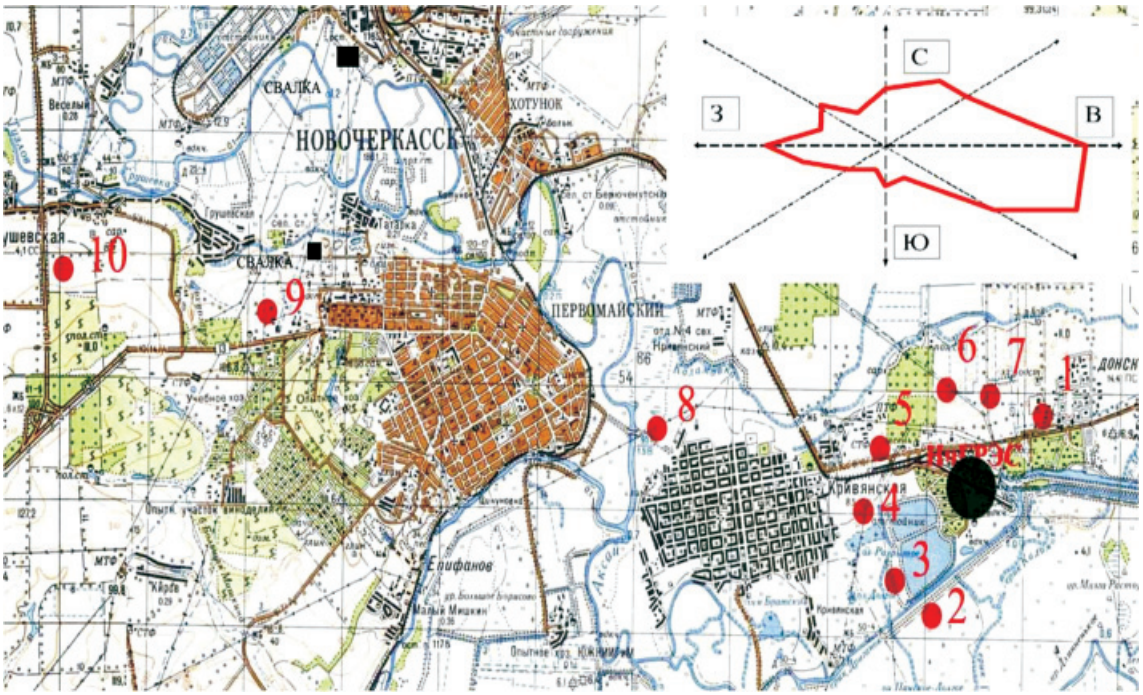

Рис. 1. Карта расположения точек отбора

Непременным условием отбора почвенных образцов было то, что площадки для мониторинговых наблюдений располагались на целинных и/или залежных участках.

Образцы почв мониторинговых площадок отбирались и подготавливались для химического анализа в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02-84. Радионуклидный анализ отобранных образцов проводился гамма-спектрометрическим методом. Использовался сцинтилляционный гамма-спектрометр «Прогресс-гамма» с набором счетных геометрий Маринелли 1 литр, Маринелли 0,5 литра и Чашка Петри. Время набора гамма-спектров не превышало 24 часов, погрешность определения удельной активности естественных и искусственных радионуклидов – 15%.

В экспедиции 2012 г. на территории города Новочеркасска и станицы Кривянской было отобрано около 50 проб почв.

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице представлены физико-химические и агрохимические свойства почв территории наблюдения. Представленные данные отражают особенности разных типов почв на исследуемых площадках и проясняют некоторые особенности распределения выявленных радионуклидов.

Таблица 1

Физико-химические и агрохимические свойства почв территорий, прилегающих к НчГРЭС (2012 год)

Номер площадки	Физ. глина, %	Ил, %	Гумус, %	pH	$CaCO_3$, %	NH_4, мг/100 г почвы	P_2O_5, мг/100 г почвы	K_2O, мг/100 г почвы	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$, мг-экв./100 г почвы	ЕКО, мг-экв/100 г почвы
1	54	27	4,9	7,7	0,4	2,0	4,3	47,0	32	39
2	10	3	2,9	7,7	0,3	2,8	2,3	17,0	10	14
3	68	37	5,0	7,7	0,3	1,9	3,0	32,0	41	48
4	51	29	4,7	7,5	1,3	3,0	3,4	35,0	32	21
5	49	27	4,4	7,5	2,2	2,5	3,6	42,0	36	23
6	55	30	4,8	7,6	0,3	3,6	5,2	45,0	30	34
7	49	27	4,3	7,5	0,2	2,4	4,7	44,0	31	34
8	60	32	6,6	7,5	1,3	1,6	4,7	45,0	44	41
9	53	30	4,3	7,6	0,3	2,1	5,1	40,0	32	31
10	51	28	4,5	7,7	0,3	2,5	3,9	37,0	35	34

Данные мониторинговых наблюдений представлены на рис. 2–5. Их анализ дает возможность выявить основные тенденции загрязнения радионуклидами такого важного компонента экосистемы, как почва.

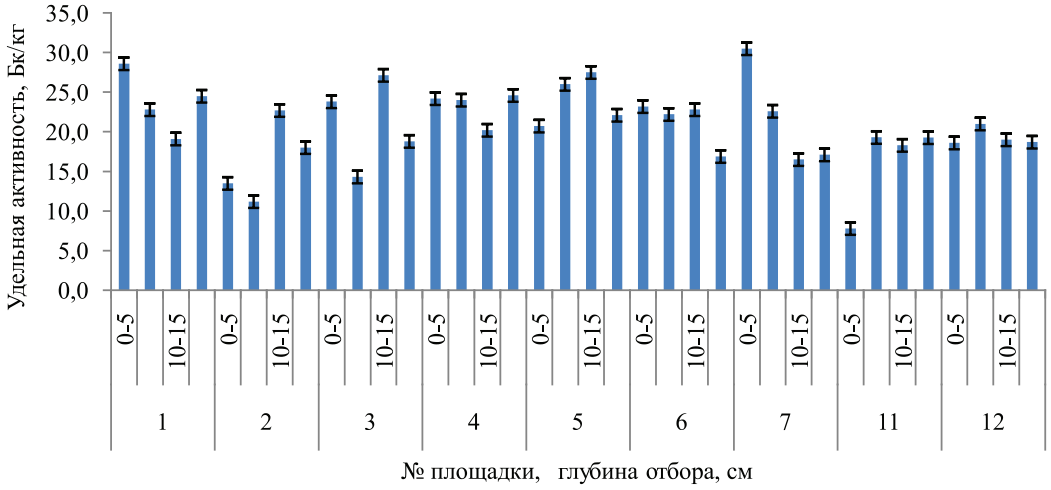

Рис. 2. Распределение ^{226}Ra в почвах мониторинговых площадок

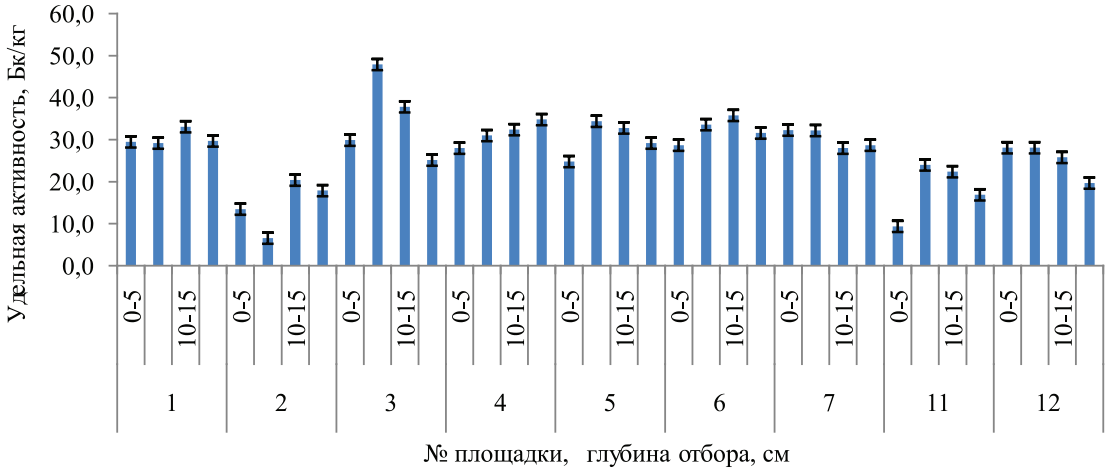

Рис. 3. Распределение ^{232}Th в почвах мониторинговых площадок

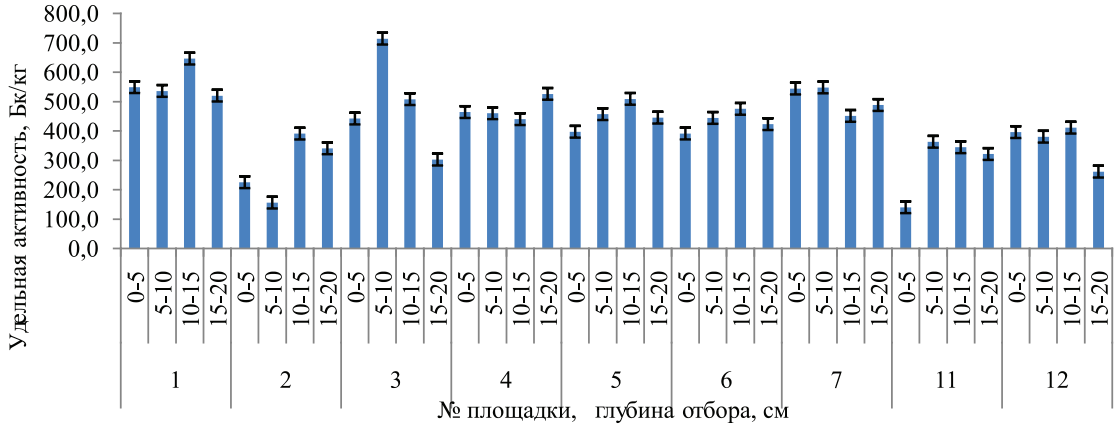

Рис. 4. Распределение ^{40}K в почвах мониторинговых площадок

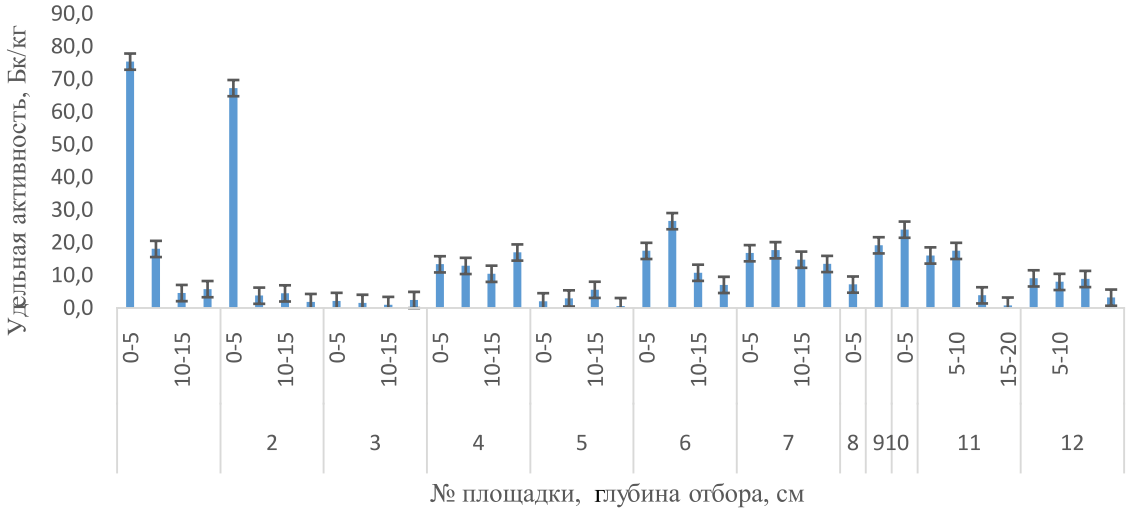

Рис. 5. Распределение ^{137}Cs в почвах мониторинговых площадок

Подобное содержание ЕРН характерно для почв Ростовской области. Среднее по Ростовской области содержание ^{137}Cs в почвах составляет 20–30 Бк/кг и обусловлено чернобыльскими выпадениями и испытанием ядерного оружия.

Следует заметить, что миграция ЕРН и ^{137}Cs в почвах зависит от степени техногенной нагрузки. Также важнейшими факторами, определяющими содержание ЕРН в почве, являются радиогеохимические особенности подстилающих пород [5], а также ландшафт и интенсивность потока солнечной радиации на земную поверхность.

Территории, располагающиеся в направлении розы ветров (для региона исследования преобладают ветра восточного направления), испытывают максимальную техногенную нагрузку со стороны выбросов НчГРЭС. Наиболее высокое содержание ЕРН в почве наблюдается на территории данных площадок (табл. 2).

Распределение естественных радионуклидов по почвенному профилю сопровождается изменением их удельной активности до трех раз (рис. 2–4). Значимые вариации удельной активности радионуклидов по глубине на мониторинговых площадках связаны с физико-химическими свойствами типов почв, расположенных на данных территориях. Так, например, существенное влияние на накопление ^{226}Ra в аллювиально-карбонатной слабогумусированной песчаной почве (пл. № 2) оказывает гранулометрический состав, значительно уменьшающий адсорбцию данного радионуклида.

Максимальное содержание ЕРН (рис. 2–4) сосредоточено в верхних поверхностных слоях (0–5 см) почвы. Наибольшая концентрация ЕРН зафиксирована в черноземе обыкновенном карбонатном. Данный тип почвы обладает хорошей поглотительной способностью и тяжелым

гранулометрическим составом, что приводит к слабой миграции ЕРН в нижележащий слой (15–20 см).

Таблица 2

Содержание ЕРН в почвах по линии генерального направления

Номер площадки	Удаление, км	Удельная активность, Бк/кг		
		^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs
4	1,6	24,2	28,0	13,4
8	5	21,7	19,2	7,2
9	15	34,0	25,0	19,2
10	20	28,1	20,4	24,0

Наблюдаемое распределение ^{40}K (рис. 4) в почвах территорий НчГРЭС может быть связано как с возможным внесением калийных удобрений, так и с разнообразием почв территории наблюдения.

Распределение ^{137}Cs более сложно. Содержание данного элемента в почвах снижается с глубиной на площадках № 1, 2, 3, наиболее приближенных к НчГРЭС (рис. 5). Однако распределение неравномерно на точках, относящихся к линии генерального направления.

Выводы

В данной работе были определены значения удельной активности естественных и искусственных радионуклидов в исследуемых образцах и распределение радионуклидов в почвах данной территории.

Максимальное содержание ЕРН и ^{137}Cs зарегистрировано в почвах территорий, наиболее приближенных к НчГРЭС (1,6; 2,0 км). Наибольшая концентрация элементов зафиксирована в поверхностном слое (0–5) почвы.

Естественные радионуклиды в большинстве почвенных профилей территории исследования распределены равномерно по глубине, без значительных колебаний их удельной активности.

В целом миграция ЕРН и ^{137}Cs по глубине зависит от физико-химических свойств почв и от степени техногенной нагрузки. Также существенное влияние на поведение радионуклидов почвы оказывает ее гранулометрический и фракционный составы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-08-01413\13.

Список литературы

1. Давыдов М.Г., Бураева Е.А., Зорина Л.В., Малышевский В.С., Стасов В.В., Радиоэкология: учебник для вузов // М.Г. Давыдов [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 635 с.

2. Тверитинова Т.Ю. Волновая тектоника земли // Геодинамика и Тектонофизика. – 2010. – № 3. – С. 297–312.

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

4. Lu X., Zhao C., Chen C., Liu W. Radioactivity level of soil around Baqia coal-fired power plant in China // Radiatiotin Physics and Chemistry. – 2012.– № 81. – P. 18271832.

5. Tsikrizis L.I. Chemometry of the distribution and origin of 226Ra, 228Ra, 40K and 137Cs in the soil near the lignite fired plants of West Mactonia (Greece) // J. Radional. Nucl. Chem. – 2004. – № 261.– P. 215–220.

References

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

2. Tveritinova T.Yu. Volnovaja tektonika zemli // Geodinamika i Tektonofizika, no. 3. 2010. pp. 297–312.

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

4. Lu X., Zhao C., Chen C., Liu W. Radioactivity level of soil around Baqia coal-fired power plant in China/ // Radiatiotin Physics and Chemistry. no. 81. 2012. pp. 18271832.

5. Tsikrizis L.I. Chemometry of the distribution and origin of ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{40}K and ^{137}Cs in the soil near the lignite fired plants of West Mactonia (Greece)/ // J. Radional. Nucl. Chem. no. 261. 2004. pp. 215-220.

Рецензенты:

Вардуни Т.В., д.п.н., к.б.н., профессор, заведующая отделом экологических инноваций Научно-исследовательского института биологии, ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону;

Колесников С.И., д.с.-х.н., к.г.н., заведующий кафедрой экологии и природопользования факультета биологических наук, ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.12.2013.