

ПОЧВОВЕДЕНИЕ, АГРОХИМИЯ

УДК 631.4

Б. Ф. Апарин, М. А. Ефремова, Е. В. Мингареева, Е. Ю. Сухачева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ ПОД РАЗНЫМИ ТИПАМИ УГОДИЙ

Взаимодействие живых организмов и радиоизотопов — природных и техногенных — является значительным фактором жизнедеятельности человека. Это одна из важнейших сторон биокосных взаимодействий в современном мире [1].

Естественные радиоизотопы широко распространены в земной коре, поэтому в той или иной мере человек находится в поле их излучения [2]. Земная кора — основной резервуар естественных радионуклидов на земле. Вместе с другими элементами радионуклиды входили в состав первичного вещества, из которого была сформирована Земля.

Среди естественных радиоактивных элементов в почвах наиболее распространены ^{40}K , ^{14}C , ^3H , ^{36}Cl . В почвах, формирующихся на изверженных породах, могут встречаться уран, торий, актиний. В почвах, развивающихся на породах богатых полевыми шпатами и слюдами, отмечается повышенное содержание ^{40}K . А такие элементы, как ^3H , ^{14}C накапливаются в основном в органическом веществе. В целом фоновые величины радионуклидов в почвах невелики и большей частью не представляют угрозу для живых организмов (табл. 1) [3].

Таблица 1. Природное (фоновое) содержание некоторых радиоактивных элементов в почвах и земной коре (Бк/кг) (по FRG Federation Environmental radioactivity, Bonn, 1983 [3])

Объекты исследования	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{230}U
почвы	40–1000	40	–	–
верхние горизонты почвы	–	10–200	–	–
коры выветривания	700	–	40	40
изверженные породы	300–1000	20–200	40–600	20–100
осадочные породы	100	20	10	20

Однако в ряде областей России встречаются участки с повышенным радиационным фоном. Так, на территории Республики Саха (Якутия) в Алданском, Олекмин-

ском и Нерюнгрском улусах обнаружены зоны с фоновым излучением, превышающим 30 мкР/ч. Все они расположены в пределах Алданского кристаллического щита, т. е. имеют природное происхождение и определяются радиоактивностью горных пород, содержащих основную массу радиоизотопов [4].

Радиоактивность почв в основном связана с радиоактивностью материнской породы, ее минеральной матрицей. От радиоактивности почв, в свою очередь, зависит в значительной мере содержание радионуклидов в растительности и приземном слое воздуха.

Данных о фоновом содержании естественных радионуклидов в почвах мало. Это связано с тем, что масштабные исследования радионуклидов в почвах начались уже после загрязнения окружающей среды в результате испытаний ядерного оружия, техногенных аварий. Радионуклиды искусственного происхождения наложились на их естественное содержание.

Почва является главным приемником техногенных радиоактивных изотопов. Почвенный покров России характеризуется исключительно большим генетическим разнообразием почв, обусловленным широким варьированием гидротермических условий и пестротой почвообразующих пород. Реакция почв на загрязнение радиоактивными элементами (^{137}Cs (цезий), ^{40}K (калий), ^{232}Th (торий), ^{226}Ra (радий), ^{238}U (уран), ^{90}Sr (стронций)) зависит от генетических особенностей почв, от почвенных режимов (водный, кислотный, окислительно-восстановительный, режим трофности), содержания органического вещества, гранулометрического, химического и минералогического составов.

В настоящее время накоплен значительный фактический материал по радиоактивному загрязнению почв всего мира и России в частности. Однако он касается, главным образом, почв, подвергшихся в разное время загрязнению техногенными радионуклидами вследствие испытаний ядерного оружия, при авариях на АЭС, при транспортировке, хранении радиоактивных отходов и нарушениях правил эксплуатации на предприятиях атомной промышленности.

Наиболее сильному загрязнению подверглись почвы сельскохозяйственных угодий (3,5 млн га) и почвы под лесом (1 млн га) в Европейской части России в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В Азиатской части России (в Томской области, в Красноярском и Алтайском краях, в республике Саха, Уральском регионе) площадь загрязненных территорий превысила 3 млн га [3].

Одним из основных критериев отнесения населенных пунктов к различным зонам радиоактивного загрязнения является плотность загрязнения почвы ^{137}Cs . Наибольшая плотность загрязнения ^{137}Cs и соответственно более высокие концентрации этого радионуклида в продуктах питания встречаются в Брянской области.

Радиационному воздействию подверглись густонаселенные территории, где важное экологическое, экономическое и социальное значение имеют леса. Полностью прекратить пользование лесным фондом и лесохозяйственную деятельность во всех зонах радиоактивного загрязнения в пределах пострадавших территорий не представляется возможным.

В настоящее время радиационная обстановка в лесах стабилизировалась. Наступила восстановительная стадия последствий радиационной аварии, которая при имеющемся составе радионуклидов продлится десятки, а в ряде случаев и сотни лет.

На восстановительной стадии последствий радиационной аварии корневое поступление радионуклидов в лесную растительность из почвы значительно преобладает над

внешним загрязнением. Высокая способность древесно-кустарниковых и травянистых растений к накоплению долгоживущих продуктов деления вызывает необходимость нормирования содержания радионуклидов в лесных ресурсах как исходного сырья для получения радиационно-безопасной продукции на всех этапах ее переработки [4].

Накопление радионуклидов в разных растениях зависит от видовых и других таксономических различий. Коэффициент перехода радионуклидов из почвы увеличивается в ряду: лесные ягоды, грибы, мхи и лишайники. По уровню содержания радионуклидов в древесине при одинаковой плотности загрязнения почвы и в одинаковых лесорастительных условиях основные лесообразующие породы составляют в порядке убывания следующий условный ряд: мягколиственные, твердолиственные и хвойные породы. Накопление радионуклидов древесным ярусом происходит интенсивнее в молодняках, чем в средневозрастных, зреющих и зрелых древостоях, а в быстрорастущих деревьях ^{137}Cs больше, чем в угнетенных и отстающих в росте. На влажных и переувлажненных почвах этот процесс происходит гораздо интенсивнее по сравнению с автоморфными условиями местопроизрастания. Наблюдается также обратная связь между трофностью почвы и интенсивностью поступления из нее радионуклидов в лесную растительность [4].

Цель работы — сравнить содержание радионуклидов и установить закономерности распределения их активности в профиле черноземов, находящихся в сельскохозяйственном использовании, и их аналогами под лесом (защитными лесополосами) и залежью.

Объекты исследования

«Козловская лесополоса» (Волгоградская область) — чернозем миграционно-мицелярный под пашней и лесом (возраст лесопосадок 120 лет); «Белые пруды» (Волгоградская область) — чернозем сегрегационный под пашней и лесом (возраст 60 лет); участок между хуторами Варваринский и Ейский (Ростовская область) — агрочернозем текстурно-карбонатный под пашней; пос. Утеevo (Оренбургская область) — чернозем сегрегационный, залежь (возраст 80 лет), пос. Ермолаевка (республика Башкортостан): чернозем сегрегационный под пашней и лесом (возраст 80 лет).

«Козловская лесополоса»

Козловский лесной массив и прилегающие к нему поля расположены в области перехода юго-западного склона Саратовского поднятия Приволжской возвышенности в Хоперско-Бузулукскую равнину, на водоразделе между речками Шелкан и Вязовка — левыми притоками р. Терсы, впадающей в р. Медведицу (Волгоградская область, Лемешкинский район), на высоте 225 м над уровнем моря. Массив находится в зоне распространения северного варианта разнотравно-типчачково-ковыльных степей и представляет собой насаждение древесно-теневого типа (дуб с кленом остролистным) — создан Н. К. Генко в 1896 г. в форме широкой (630 м) лесной полосы, протяженностью 7 км. Она простирается по водоразделу с запада на восток, перпендикулярно господствующему направлению ветров [6, 7].

Пашня:

PU (0–9) — Рыхлый. Свежий. Темный. Структура — ореховато-комковатая. Обильное количество корней. Гранулометрический состав — глина. Граница ровная. Переход заметный по плотности;

PU₂ (9–30) — Плотный, плотнее предыдущего. Темно-серый. Свежий. Структура — ореховато-комковатая. Наличие корней. Гранулометрический состав — глина. Граница слабоволнистая. Переход заметный по плотности и цвету;

AB (30–52) — Плотнее предыдущего. Темно-серый с желтоватым оттенком. Гораздо меньше корней. Гранулометрический состав — глина. Граница слабоволнистая. Переход заметный по цвету и вскипанию;

BCA (52–69) — Плотный. Холодит руки. Буровато-желтый. Вскипает. Корни встречаются редко. Невыраженный мицелий. Гранулометрический состав — глина.

Почва: агрочернозем миграционно-мицелярный на лессовидных суглинках.

Лес:

O — Слаборазложившиеся веточки и листья клена, много плодов клена;

AU (0–21) — Слегка уплотнен. Структура — комковатая. Обилие корней. В верхней части слегка уплотнен из-за дождя. Гранулометрический состав — глина. Переход ясный по структуре и цвету. Граница слабоволнистая;

AU₂ (21–59) — Обилие корней. Пятна более бурого цвета. Глинистые кутаны. Червотроины. Гранулометрический состав — глина. Переход ясный по цвету и структуре. Граница волнистая;

AB (59–77) — Затеки гумуса. Червотроины. Кутаны. Уплотнен. Свежий. Соотношение светлых и темных участков 1:1. Гранулометрический состав — глина. Граница волнистая. Переход ясный по цвету;

BCAln (77–92) — Карбонатный мицелий выражен слабо, белоглазка отсутствует. Гумусово-глинистые кутаны. Уплотнен (как нижележащий). Обильны червотроины и кротовины (прямые). Гранулометрический состав — глина. Переход заметный по цвету и наличию новообразований. Граница сильноволнистая;

Cca,mc (92–130) — Уплотнен. Белоглазка. Затеки гумуса по корням и червотроинам. Корни. Свежий. Структура — ореховато-призматическая. Гранулометрический состав — глина.

Почва: чернозем миграционно-мицелярный на лессовидных суглинках.

«Белые пруды»

Участок Белопрудского стационара. Северной границей распространения черноземов в районе исследований можно считать долину р. Терсы (правый приток р. Медведицы). Эта граница обусловлена не столько сменой климатических условий, сколько появлением солей в почвообразующих породах. Территория участка Белопрудского стационара представляет собой слабоволнистую равнину с общим уклоном 1–2° на юго-запад, к долине р. Бузулук. Равнина рассечена глубокими пологими, большей частью задернованными балками, которые еще задолго до впадения в долину р. Бузулук оказываются сильно врезанными. Колебания относительно высот достигают 50–80 м. Склоны крупных балок изборозжены мелкими поперечными балками, в днища которых часто врезаны овраги. Средние и нижние части балки иногда врезаются в коренные породы [6, 7].

Пашия: разрез заложен в межлентовом пространстве между восточной и средней лентами гослесополосы. В момент заложения этого разреза поле находилось под «черным паром».

AU (0–40) — 4/1 10YR. Структура — порошисто-комковатая. Остатки злаковых растений и мелкие корни. Гранулометрический состав — глина. В нижней части уплотнен;

АВ (40–70). Фон 5/3 (появляются более темные пятна) 10YR — 60%. Кутаны 3/1 10YR — 40%. Структура — столбчато-призматическая. Корни. Кутаны, карбонатный мицелий, белоглазка. Гранулометрический состав — глина. Уплотненный;

ВСА (70–100) — 5/4 10YR. Кутаны 3/1 10YR — до 10%. Структура — призматическая. Кутаны и мицелий встречаются редко, белоглазок нет. Гранулометрический состав — глина. Мелкопористый. Плотный.

Почва: чернозем сегрегационный на лессовидных суглинках.

Лес: разрез заложен в восточной ленте гослесополосы.

О — Листья, ветки плохо разложившиеся;

AU (0–40) — Свежий. Черный. Пронизан корнями. Первые 7 см — рыхлые, далее плотный. Гранулометрический состав — глина;

АВ (40–58) — Неоднородный по цвету: коричневато-бурый с вертикальными узкими (1–3 см) черными плитами. Свежий. Гранулометрический состав — глина;

ВСапс (58–90) — Неоднородный по цвету, буровато-коричневый, не такие яркие, как в вышележащем горизонте, черные вертикальные пятна. Обилие белоглазки (диаметр — 1–2 см). На 10 см² приходится 5–8 новообразований. Ниже более однородный. Практически нет гумусовых пятен и белоглазки. Гранулометрический состав — глина;

Почва: чернозем сегрегационный на лессовидных суглинках.

Участок «Варваринский—Ейский»

Пашия:

РУ (0–24) — Слегка уплотнен. Свежий. Буровато-темно-серый. До 17 см мелко-комковатая структура, ниже глыбистая, разламывается на ореховато-комковатую. Обилие корней. Копролиты. Редкие осветленные пятна, припаханные из нижележащего горизонта. Гранулометрический состав — глина. Граница ровная. Переход ясный по цвету;

АВ (24–41) — Влажнее предыдущего. 50/50 буровато-серый/светло-бурый. Уплотнен. Структура — столбчатая, легко разрушается. Обильные кутаны. На боковых стенках разреза хорошо выражены трещины (до 90 см крупные). Мелкие трещины пронизывают весь профиль. Гранулометрический состав — глина. Граница слабоволнистая. Переход — ясный по цвету и новообразованиям;

САГ (41–92) — Влажнее предыдущего. Основной фон (80%) — коричневато-светло-бурый. 15% — темно-серые затеки, 5% — белоглазка (белый цвет). Гранулометрический состав — глина. Структура — столбчато-призматическая. Частые корни. Обилие крупной белоглазки (до 15 мм). Крупные гумусово-глинистые кутаны по трещинам, реже по граням структурных отдельностей и ходам корней. Слабооформленный карбонатный мицелий;

С_{са} (92–120) — Фон чуть светлее. Призматическая — многопорядковая. Редко встречаются белоглазка и гумусово-глинистые кутаны. Гранулометрический состав — глина.

Почва: агрочернозем текстурно-карбонатный на лессовидных суглинках.

Поселок Утеево

Поселок расположен на северо-западе Оренбургской области на степном увале «Общий Сырт», который примыкает к горам Южного Урала. Высота холмистой местности до 405 м. По Общему Сырту проходит водораздел между бассейнами рек Волги и Урала.

Залежь:

AU (0–49(60)) — В верхней части много растительных остатков (от травы). 5YR 2.5/1. Структура плитчатая. Корни встречаются редко. Гранулометрический состав — тяжелый суглинок. Переход заметный. Граница — языковатая;

ВСАмс (49(60)–82) — 10YR 4/4. Структура — призматическая. Единичный мелкий псевдомицелий, затеки гумуса. Гранулометрический состав — тяжелый суглинок. Граница — слабоволнистая. Переход — заметный;

Сса (82–100) — 10YR 4/6. Структура — плитчатая. Псевдомицелий. Гранулометрический состав — глина.

Почва: чернозем сегрегационный на красной глине.

Поселок Ермолаевка

Поселок находится в Аургазинском районе Башкортостана в южной части Прибельской увалисто-волнистой равнины.

Пашия:

AU (0–40) — 7,5 YR3/1. Структура — комковатая. Гранулометрический состав — глина;

ВСА (40–70) — 10 YR6/6. Структура — ореховатая. Гранулометрический состав — глина;

Сса (70–100) — 7,5 YR6/4. Структура — призматическая. С глубины 90 см начинает вскипать. Гранулометрический состав — глина;

Почва: чернозем сегрегационный на красной глине.

Лес:

O — Плохо разложившаяся листва, веточки деревьев;

AУ(0–30) — 2,5 Y3/1, книзу 2,5 Y4/1. Структура — мелко-комковато-зернистая. Гранулометрический состав — глина;

ВСА(30–50) — 7,5 YR5/4. Структура — столбчатая. Гранулометрический состав — глина;

Сса(50–100) — 7,5 YR5/4. Структура — призматическая. С глубины 70 см начинает вскипать. Гранулометрический состав — глина;

Почва: чернозем сегрегационный на красной глине.

Методы исследования

Определение радиоактивных изотопов проводилось на базе СПбГАУ в Пушкине в лаборатории радиобиологии, на приборе Гамма-бета спектрометр-радиометр МКГБ-01 «РАДЭК». Физико-химические свойства почв определялись с помощью методик из работ [8, 9] (табл. 2), гранулометрический состав (по Качинскому) из работы [10] (табл. 3).

Обсуждение результатов исследования

На поведение радионуклидов, их миграцию в биогеохимическом круговороте элементов в экосистеме оказывают влияние такие факторы, как физико-химические характеристики радионуклидов, формы и время нахождения в почве, свойства почвы, погодно-климатические условия, а также растительность. Почва является ведущим звеном миграции радионуклидов, поскольку их взаимосвязь с этой биокосной системой определяет характер движения радионуклидов в других звеньях биологического цикла. Радионуклиды, попадающие в почву, в водорастворимой форме и в составе тонкодисперсных частиц активно и быстро включаются в почвенные процессы. Вступая в органо-минеральные и физико-химические реакции взаимодействия с почвенно-

Таблица 2. Физико-химическая характеристика почв сельскохозяйственных и лесных угодий

Глубина, см	pH H ₂ O	ГВ	Максимальная гигроскопичность	HCO ₃	Ca	Mg	Гумус, %
				Мг-экв/100 г сухой почвы			
«Козловская лесополоса» (лес)							
0–5	6,7	6,05		0,32	1,34	0,64	6,36
5–10	6,7	5,49		0,19	0,55	0,33	4,65
10–20	6,1	5,49		0,22	0,60	0,26	4,05
40–50	6,5	5,39		0,34	0,66	0,26	2,26
90–100	8,4	4,36		0,68	1,24	0,24	0,82
«Козловская лесополоса» (пашня)							
0–10		5,74		0,37	0,38	0,21	3,90
10–20		5,50		0,37	0,38	0,21	3,76
40–50		5,34		0,34	0,29	0,19	1,90
90–100		4,16		0,86	0,74	0,30	0,60
«Белые пруды» (лес)							
0–10	6,9	4,3	12,94	0,42	1,08	0,28	4,52
10–20	7,3	3,78	11,11	0,42	1,18	0,32	4,41
40–50	7,9	3,92	11,83	0,60	1,08	0,04	2,49
90–100	8,2	3,32	10,14	0,64	0,80	0,50	0,63
«Белые пруды» (пашня)							
0–10	7,90	4,53	11,85	0,52	1,20	0,50	4,74
10–20	7,90	4,60	12,37	0,66	1,50	0,20	4,70
40–50	8,30	4,13	11,86	0,62	1,14	0,36	1,45
90–100	8,60	3,51	10,4	0,64	0,96	0,38	1,66

Примечание. ГВ — гигроскопическая влага.

поглощающим комплексом, радионуклиды образуют нерастворимые и растворимые в жидкой фазе почвы соли и коллоидные соединения. Это сопровождается трансформацией форм их соединений, изменением миграционной способности и биологической доступности для корневой системы растений.

Состав поглощенных оснований и реакция среды являются определяющими факторами, от которых зависит степень поглощения и прочность закрепления радионуклидов в почве.

Радионуклиды, попавшие в почву, мигрируют как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях под воздействием разнородных процессов. Перераспределение радионуклидов в почве происходит в результате конвективного переноса, диффузии свободных и адсорбированных ионов, поглощения корневыми системами растений, лессиважа (перенос на коллоидных частицах), а также деятельности микроорганизмов и человека [10].

Радионуклиды, осевшие на почву, в составе различных соединений могут перемещаться ветром или дождем. Так появляется вторичное загрязнение почв и растений. Его величина зависит от климатических условий, свойств почв, хозяйственной деятельности человека, а также от рельефа и растительности [2].

²²⁶Ra. Содержание данного элемента в поверхностном слое (0–5 см) изменяется в диапазоне от 10 до 85 Бк/кг, причем в основном активность ²²⁶Ra меньше 36 Бк/кг.

Таблица 3. Гранулометрический состав сельскохозяйственных и лесных угодий

Глубина, см	Фракция, мм						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
<i>«Козловская лесополоса» (лес)</i>							
0–5	<1	<1	31	11	27	31	69
5–10	<1	<1	31	11	27	31	69
10–20	<1	3	28	8	27	34	69
40–50	<1	5	23	10	27	35	72
90–100	<1	2	26	9	27	36	72
<i>«Козловская лесополоса» (пашня)</i>							
0–10	<1	3	25	16	24	32	72
10–20	<1	1	28	11	26	34	71
40–50	<1	<1	27	15	22	36	73
90–100	<1	1	26	10	27	36	73
<i>«Белые пруды» (лес)</i>							
0–10	<1	7	23	12	26	33	73
10–20	<1	1	21	20	24	34	75
40–50	<1	7	14	12	30	37	79
90–100	<1	3	16	16	27	38	81
<i>«Белые пруды» (пашня)</i>							
0–10	<1	3	24	14	26	33	73
10–20	<1	9	16	17	23	35	74
40–50	<1	5	26	9	21	39	69
90–100	<1	4	23	9	22	42	73

Исключением является почва залежи (пос. Утеево), где содержание радионуклидов в верхнем слое почти вдвое выше, чем в других почвах. Показательно, что в этом разрезе в материнской породе также отмечено максимальное содержание ^{226}Ra (табл. 4). В поверхностном слое исследованных почв Башкортостана содержание этого элемента заметно выше, чем в почвах Волгоградской области. Чернозем из Ростовской области по содержанию ^{226}Ra в слое (0–10 см) занимает промежуточное положение. Содержание радионуклидов в нижней части профиля (90–100 см) изменяется от 17–64 Бк/кг. Отклонение от среднего содержания максимально в залежной почве (пос. Утеево) и минимально в почвах Волгоградской области. По характеру изменения содержания ^{226}Ra по профилю почвы наблюдаются все варианты распределения: сильно-, средне-, слабодифференцированный и практически недифференцированный.

Относительно более высокое содержание данного элемента в поверхностных горизонтах по сравнению с почвообразующей породой наблюдается во всех почвах за исключением пашни Волгоградской области. Особенно велика разница в содержании радионуклидов в залежной почве (пос. Утеево) и в пахотной почве Ростовской области. В почвах Волгоградской области это различие минимально.

Сравнение активности ^{226}Ra в почвах пашни и под лесом выявило незначительное увеличение элемента в горизонте 0–5 см (пос. Ермолаевка и «Козловская лесополоса»). В почве под лесом пос. Ермолаевки в этом слое ^{226}Ra оказалось заметно больше, чем на пашне. Однако установлена существенная пространственная неоднородность в содержании ^{226}Ra под лесом в слое 0–5 см.

Таблица 4. Распределение активности радиоизотопов радия, тория, калия и цезия (Бк/кг) по профилю исследуемых почв

Глубина образца, см	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
Утеево (залежь)				
0–5	85	65	536	56
5–10	35	42	466	18
10–20	26	22	646	11
40–50	39	21	667	13
90–100	64	41	553	18
Ермолаевка (лес)				
0–5	47	45	278	35
5–10	38	54	396	18
10–20	26	27	544	11
40–50	33	42	468	8
90–100	32	50	404	13
Ермолаевка (пашня)				
0–5	39	32	305	11
5–10	25	26	403	11
10–20	26	35	282	10
40–50	24	35	612	10
90–100	35	30	664	17
Ростовская область (пашня)				
0–10	35	51	502	18
10–20	57	46	436	14
40–50	25	39	412	10
90–100	23	32	468	11
«Козловская лесополоса» (лес)				
0–5	28	31	566	77
5–10	26	34	482	47
10–20	25	21	389	10
40–50	24	40	391	19
90–100	24	29	421	19
«Козловская лесополоса» (пашня)				
0–10	25	46	487	16
10–20	26	39	573	18
40–50	26	40	337	9
90–100	42	47	536	20
«Белые пруды» (лес)				
0–10	26	44	638	46
10–20	24	42	572	9
40–50	25	44	408	10
90–100	24	43	564	9
«Белые пруды» (пашня)				
0–10	23	60	637	9
10–20	26	68	554	11
40–50	22	58	485	9
90–100	17	39	458	8

^{40}K . Разница в содержании ^{40}K в исследованных почвах достигает 2-кратного значения. Больше всего активность элемента в почве залежей (пос. Утеево) в средней части профиля. Меньше всего ^{40}K обнаружено в слое 0–5 см и в почве под лесом (пос. Ермолаевка).

В почвообразующей породе активность ^{40}K изменяется в диапазоне от 420 до 660 Бк/кг, что значительно уже, чем в слое 0–5 см. Наибольшая степень дифференциации в содержании элемента по профилю наблюдается в пахотном черноземе пос. Ермолаевка, а минимальная — в Ростовской области.

По сравнению с содержанием ^{40}K в горизонте С (90–100 см) в трех разрезах наблюдается накопление элемента в поверхностном слое (0–5 см), а в остальных — заметное снижение, особенно в пахотной почве пос. Ермолаевка. Влияние лесонасаждений на содержание ^{40}K в верхнем слое почвы не прослеживается.

^{137}Cs . Содержание данного элемента в исследуемых почвах изменяется наиболее широко в горизонте 0–5 см. На глубине 90–100 см диапазон заметно уже. Минимальное варьирование содержания цезия наблюдается в средней части профиля. Оно составляет лишь 3 Бк/кг. Наибольшее количество ^{137}Cs выявлено в слое 0–5 см почвы под пологом леса и в залежи, причем самое большое его содержание обнаружено в почве Козловской лесополосы с возрастом древостоя 120 лет.

В пахотной почве рядом с лесом ^{137}Cs в слое 0–10 см содержалось в 5 раз меньше, чем под лесом и меньше, чем в почвообразующей породе.

^{232}Th . Активность тория изменяется в довольно широком интервале от 26 до 68 Бк/кг. В поверхностном слое максимальное количество этого элемента наблюдается в почве залежи (пос. Утеево) и минимально в почве под лесом («Козловская лесополоса»).

В материнской породе (90–100 см) содержание ^{232}Th изменяется в более узком диапазоне (от 20 до 50 Бк/кг). Самая высокая активность тория наблюдается в почве под лесом (пос. Ермолаевка) и в пахотной почве Козловской лесополосы. Наименьшее изменение активности элемента по профилю выявлено в черноземе под лесом («Белые пруды»).

Выводы

В большей части исследованных профилей черноземов максимальное содержание радионуклидов наблюдалось в верхней части профиля, а наиболее низкое — в средней.

В поверхностных горизонтах почв под лесом и залежью содержится значительно больше цезия, чем в пахотных почвах. Это может быть связано с особенностями биологического круговорота под естественными ценозами. В пахотных почвах постоянное отчуждение биомассы с сельскохозяйственных полей приводит к уменьшению содержания ^{137}Cs .

Для ^{226}Ra наблюдается та же закономерность, но более слабовыраженная, за исключением залежи.

Между почвами разных угодий нет различий по активности ^{40}K . Активность ^{232}Th в поверхностном слое Волгоградской области выше в пашне, чем под лесом. В почве залежи торий заметно накапливается в слое 0–5 см.

Литература

1. *Гавриленко В. В.* Геохимия радиоизотопов и жизнедеятельность человека // Биокосные взаимодействия в природных и антропогенных системах: мат. тез. IV Междунар. симпозиума. СПб.: ВВМ, 2011. С. 41.
2. *Резункова О. П.* Роль природного радиоактивного фона в управлении физиологическими процессами в живых системах: учеб. пособие / под ред. О. П. Резункова, Е. З. Гак. С.-Петербург. гос. ун-т телекоммуникаций им. А. М. Бонч-Бруевича. СПб.: Изд-во ГОУВПО СПбГУТ, 2008. 34 с.
3. *Химическая деградация почв юга Дальнего Востока: учеб. пособие / Дербенцева А. М., Степанова А. И., Пилипушка Л. Г., Крупская Л. Т., Кубарева Т. С., Пилипушка В. Н.* Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2005. 73 с.
4. *Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации.* Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1997 году». URL: <http://www.seu.ru/programs/atomsafe/B4/gosdoc.htm> (дата обращения: 17.10.2011).
5. *Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации.* Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2006 г.». URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101> (дата обращения: 17.10.2011).
6. *Афанасьева Е. А.* Водно-солевой режим обыкновенных и южных черноземов Юго-Востока европейской части СССР. М.: Наука, 1980. 216 с.
7. *Афанасьева Е. А.* Влияние корневых систем дубовых насаждений на водный режим и другие свойства обыкновенных и южных черноземов // Труды института леса: Работы совещания по лесному почвоведению. Т. XXIII. 1952 г. М.: Академия наук, 1954. С. 83–102.
8. *Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970.
9. *Химический анализ почв: учеб. пособие / Растворова О. Г., Андреев Д. П., Гагарина Э. И., Касаткина Г. Н., Федорова Н. Н.* СПб., 1995.
10. *Растворова О. Г.* Физика почв: практическое руководство. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983.
11. *Нейтрализация загрязненных почв: монография / под общ. ред. Ю. А. Мажайского.* Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. 512 с.

Статья поступила в редакцию 10 октября 2011 г.