

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АГРОЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ КУРСКОЙ АЭС

В.К. Кузнецов, Н.Н. Исамов, Е.В. Сидорова, И.В. Гешель,
Н.В. Андреева, А.И. Санжаров*

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»,
Россия, 249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; *vkkuzn@yandex.ru

Резюме. Представлены результаты радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в районе расположения Курской АЭС. Изложены цели, задачи, объекты, контролируемые параметры, регламент и методы проведения наблюдений. Установлено, что удельная активность ^{137}Cs в почвах сельскохозяйственных угодий зоны наблюдения Курской АЭС составляет в среднем 23.3 ± 15.1 Бк кг^{-1} . Содержание ^{90}Sr варьирует от 1.2 до 11.3 Бк кг^{-1} . Радионуклиды наведенной активности (^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co), а также ^{131}I и ^{134}Cs не обнаружены.

Максимальным размером накопления радионуклидов характеризуется природный травостой и бобовые культуры, минимальным – овощные культуры. При этом содержание ^{137}Cs в овощах в 930-7270 раз ниже нормативных значений.

Проведенные расчеты показали, что за счет потребления продуктов питания, получаемых в 5-км зоне КуАЭС, в рацион местного населения поступает около 63 Бк год^{-1} ^{90}Sr и 195 Бк год^{-1} ^{137}Cs , что почти в 400 раз по ^{137}Cs и более 20 раз по ^{90}Sr ниже предела годового поступления (ППП), установленного НРБ-99/2009. Основной вклад в поступление ^{137}Cs с рационом вносят молоко (46.2%), мясо (28.7%), картофель и овощи (14.2%), а ^{90}Sr – молоко (13.2%), продукты растениеводства – 75.8%.

Ключевые слова. Мониторинг, АЭС, агроэкосистемы, радионуклиды, почва, продукты питания, миграция.

THE RESULTS OF RADIOECOLOGICAL MONITORING OF AGROECOSYSTEMS IN THE VICINITY OF KURSK NPP

V.K. Kuznetsov, N.N. Isamov, E.V. Sidorova, I.V. Geshel,
N.V. Andreeva, A.I. Sanzharov*

Russian Institute of Radiology and Agroecology,
109 km of Kiev shosse, 249032, Obninsk, Kaluga region, Russia; *vkkuzn@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of radioecological monitoring of agroecosystems situated in the vicinity of Kursk NPP. The article describes the goals, objectives, objects, controlled parameters, procedures and methods of

observation. The specific activity of ^{137}Cs which was detected in soils of agricultural lands in the observation zone of Kursk NPP averages of $23.3 \pm 15.1 \text{ Bq kg}^{-1}$. The concentration of ^{90}Sr ranges from 1.2 to 11.3 Bq kg^{-1} . Radionuclides of induced activity (^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co), as well as ^{131}I and ^{134}Cs were not detected.

The maximum accumulation of radionuclides was detected for natural grasses and leguminous crops, the minimum was for vegetable crops. Even at these cases the content of ^{137}Cs in vegetables is 930-7270 times lower the standard values.

The calculations showed that due to consumption of food produced in 5-km zone of Kursk NPP, the following annual activities enter the diet of residential population: 63 Bq a^{-1} of ^{90}Sr and 195 Bq a^{-1} of ^{137}Cs . This is approximately 400 times lower than annual entrance limit (AEL) for ^{137}Cs and more than 20 times lower than AEL for ^{90}Sr . These AELs are defined in RSS-99/2009. The main contribution of ingestion of ^{137}Cs with the diet is made by milk (46,2%), meat (28.7%), potatoes and vegetables (14.2%), and for ^{90}Sr – by milk (13.5%), plant products – 75.8%.

Keywords. Monitoring, NPP, agricultural ecosystems, radionuclides, soil, food products, migration.

Введение

Необходимость ускорения темпов экономического развития страны определяет увеличение потребности различных отраслей народного хозяйства в энергообеспеченности. Одним из основных путей решения данной проблемы является рост производства энергии на атомных электростанциях. В 2012 году разработаны «Концептуальные положения стратегии развития ядерной энергетики России в XXI веке» (Аврорин Е.Н и др., 2012), в которых определены перспективы развития энергетического комплекса в целом. В принятых правительством документах (Энергетическая стратегия России..., 2009) развитие АЭС в период до 2030 г. предложено провести за счет достройки начатых и освоения 10 новых площадок.

На территории Курской области предполагается размещение четырех энергоблоков станции замещения АЭС-2. Ввод в эксплуатацию двух первых энергоблоков АЭС-2 планируется синхронизировать с выводом из эксплуатации энергоблоков № 1 и № 2 действующей атомной станции в 2020-2023 гг.

Эксплуатация АЭС в штатном режиме обуславливает поступление в окружающую среду строго контролируемого количества радиоактивных веществ, которые впоследствии включаются в биологические цепочки миграции, что приводит к формированию дополнительного (к естественному фону) источника облучения живых организмов, в том числе человека. Поступление радионуклидов в организм человека с сельскохозяйственной продукцией является одним из основных путей формирования суммарной дозы облучения населения, проживающего на территориях, прилегающих к атомным электростанциям и другим предприятиям ядерного топливного цикла. Особое внимание к аграрным экосистемам как объекту воздействия предприятий ядерной энергетики связано со строительством атомных электростанций в районах интенсивного ведения сельского хозяйства. В 50-км зоне функционирующих в

настоящее время атомных станций от 50 до 90 % территории занимают сельскохозяйственные угодья. Поэтому организация системы радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в регионах размещения атомных электростанций является важным моментом обеспечения безопасного проживания населения и снабжения его продуктами питания, соответствующими санитарно-гигиеническим нормативам.

Радиоэкологический мониторинг аграрных экосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов является частью общего мониторинга всех сред, проводимого на этих территориях, и включает: наблюдение за уровнями радиоактивного загрязнения; оценку фактического состояния агроэкосистем; прогноз возможных негативных последствий, на основании которого принимаются решения по оздоровлению экологической обстановки на угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Методология мониторинга аграрных экосистем включает два подхода – экологический и санитарно-гигиенический. Это обусловлено тем, что аграрные экосистемы можно рассматривать с двух позиций. С одной стороны, аграрные экосистемы формируются на основе природных факторов и имеют ряд общих характеристик с природными экосистемами, что позволяет характеризовать их с экологических позиций. С другой стороны, агроценоз является начальным звеном пищевых цепочек, ведущих к человеку, что определяет возможность нормирования воздействия по санитарно-гигиеническому принципу.

В число основных задач радиоэкологического мониторинга входит:

- регистрация основных природных и хозяйственных характеристик агроэкосистем, наблюдение и выявление тенденций в их изменении;
- регистрация текущего уровня радиоактивного загрязнения агроэкосистем, наблюдение и выявление тенденций в его изменении;
- выявление основных путей радиоактивного загрязнения агроэкосистем, установление перечня приоритетных загрязнителей;
- оценка состояния агроэкосистем и прогноз возможных негативных последствий воздействия атомной электростанции;
- разработка рекомендаций по предупреждению и устранению негативных тенденций, связанных с загрязнением агроэкосистем.

Методы и материалы

Основным элементом системы радиоэкологического мониторинга является сеть контрольных участков на сельскохозяйственных угодьях, прилегающих к району размещения Курской АЭС (рис. 1). Организация сети мониторинга была проведена в 2004 г. на основе методических указаний «Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов» (Методические указания ..., 2000).

Контрольная сеть экологического мониторинга агроэкосистем создавалась после предварительного рекогносцировочного обследования 5 и 15 км зон

Курской АЭС (КуАЭС) с учетом места размещения и зоны возможного воздействия источника загрязнения, преимущественного направления «розы ветров» в весенне-летний период (период вегетации с.-х. культур и пастбищного содержания животных), структуры землепользования, характеристик почвенного покрова, вида угодий (пашня, пастбище, луг, залежь и др.), направленности отраслей сельскохозяйственного производства (животноводство, растениеводство и т.п.). При организации сети мониторинга агроэкосистем использовалась картографическая основа хозяйств, входящих в зону наблюдения.



Рисунок 1. Схема размещения контрольных участков и постоянных пробных площадок в 15-км зоне Курской АЭС

Сформированная сеть наблюдений учитывает как почвенные и ландшафтные особенности территории, так и специфику ведения сельского хозяйства. При этом контрольные участки в хозяйствах выбирались таким образом, чтобы на основных типах почв располагались наиболее распространенные в регионе сельскохозяйственные культуры.

Для реализации мониторинга разработан регламент его проведения, включающий:

- схему размещения контрольных участков и постоянных пробных площадок;

- перечень объектов мониторинга;
- наблюдаемые параметры;
- способы или процедуры определения контролируемых параметров (непосредственные измерения, отбор проб и т.п.);
- периодичность проведения наблюдений;
- методы анализа отобранных проб.

Экологический мониторинг агроэкосистем проводится ежегодно в течение вегетационного периода. При обследовании сельскохозяйственных угодий руководствуются методами отбора, анализа и измерения проб, изложенными в ведомственных, общегосударственных нормативных и методических документах и утвержденных в установленном порядке (Методические указания..., 1996, Методические указания..., 2000, Методы организации..., 2010). Объектами мониторинга являются почвы угодий, сельскохозяйственные растения, продукция растениеводства и животноводства; корма и сельскохозяйственные животные.

Контролируемые параметры включают: мощность экспозиционной дозы γ -излучения, агрохимические характеристики почв, продуктивность сельскохозяйственных растений, содержание радионуклидов в почве, урожае растений, кормах, продукции животноводства, вертикальное распределение радионуклидов в профиле почв. Расчетные параметры содержат: плотность загрязнения почв сельскохозяйственных угодий искусственными радионуклидами; коэффициенты накопления радионуклидов в сельскохозяйственных культурах, кормах и продукции растениеводства; коэффициенты перехода радионуклидов в сельскохозяйственные растения, корма и продукцию животноводства; коэффициенты перехода радионуклидов из рациона в продукцию животноводства.

Определение содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах осуществляется методами гамма-спектрометрического и радиохимического анализов в стационарных условиях в соответствии с официально утвержденными методиками (ОСТ 10 071-95, ОСТ 10 070-95)

В настоящее время в 15-км зоне Курской АЭС расположено 3 сельскохозяйственных предприятия, административно относящихся к Курчатовскому району Курской области: ООО «Иволга-Курск», ОАО «АПК Курской АЭС» и ОАО «1 МАЯ». Территории этих сельхозпредприятий находятся в сходных климатических условиях. В структуре почв преобладают выщелоченные и типичные черноземы, занимающие до 70-80% сельхозугодий (табл. 1). В ОАО «1 МАЯ» на долю черноземных почв приходится до 73.4%, а в ООО «Иволга - Курск» – 83.3%. Территория «АПК Курской АЭС» относится к зоне серых лесных почв, доля которых составляет более 90%.

Первоначально обследуемая площадь каждой постоянной пробной площади составляет 20 га («Методические указания... 1996, Методы организации..., 2010). Для дальнейшего постоянного наблюдения выбирался наиболее представительный участок размером 50×50 м. Дополнительно отбирались пробы почв и овощных культур на частных подворьях и садовых участках, расположенных в 5-км зоне АЭС. В животноводческом контрольном пункте

проводится отбор проб почвы на пастбище и компонентов рациона сельскохозяйственных животных.

Таблица 1. Характеристика контрольных участков и пунктов

КУ	Хозяйство	Почва	Местоположение
1	ООО «Иволга- Курск»	чернозем типичный	II поле 3-го севооборота, пашня, уч. 33
2		чернозем типичный	III поле 1-го севооборота, пашня, уч. 3
3		чернозем типичный	III поле 4-го севооборота, пашня, уч. 3
4	ОАО «1 Мая»	чернозем выщелоченный	IV поле 1-го севооборота, пашня, уч. 4
5	ОАО АПК «КАЭС»	светло-серая лесная	VI поле 1- севооборота, пашня, уч. 16
6		светло-серая лесная	VII поле 1-го севооборота, пашня, уч. 17
7		серая лесная	IX поле 2-го севооборота, пашня, уч. 43
8		серая лесная	VI поле 1-го севооборота, пашня, уч. 69
9		темно-серая лесная	V поле 1-го севооборота, пашня, уч. 94
10		аллювиальная дерновая	Пастбище у д. Мосолово, суходольный луг
Контрольный пункт (молочно-товарная ферма)			д. Мосолово

Результаты

Радиационная обстановка в регионах Российской Федерации обуславливается радиоактивными выпадениями после испытаний атомного оружия в 1954-1980 годах, радиационных аварий на Чернобыльской АЭС и ПО «Маяк» в Челябинской области, а также локальными выпадениями после радиационных инцидентов на предприятиях ядерного топливного цикла. Существенно меньшее влияние оказывают атомные электростанции, работающие в режиме нормальной эксплуатации (Радиационная обстановка..., 2014).

Измерения мощностей экспозиционных доз, проведенные в соответствии с регламентом мониторинга, показали, что указанные значения варьируют в пределах фоновых показателей – от 0.09 до 0.13 мкЗв ч⁻¹ (табл. 2). Минимальные значения экспозиционных доз наблюдаются на обрабатываемых пахотных угодьях с более легким механическим составом почв, максимальные – на целинных тяжелосуглинистых почвах. Размах варьирований за все годы исследований был незначительным.

В результате обследования установлено, что радиоактивность почв сельскохозяйственных угодий 5 и 15 км зон Курской АЭС обуславливается содержанием искусственных и естественных радионуклидов. Спектр искусственных радионуклидов определяется долгоживущими ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Радионуклиды наведенной активности (⁵⁴Mn, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co), а также ¹³¹I и ¹³⁴Cs не обнаружены. Следует отметить, что удельная активность ¹³⁷Cs в почвах сельскохозяйственных угодий составляет в среднем для 5 км зоны 19.8±14.8 и 23.3±15.1 Бк кг⁻¹ для 15 км зоны Курской АЭС (рис. 2). Содержание ⁹⁰Sr в почвах 15 км зоны варьирует от 1.2 до 11.3 Бк кг⁻¹.

Таблица 2. Мощности экспозиционных доз за годы исследований, мкЗв ч⁻¹

КУ	Годы исследований				
	2004	2006	2008	2010	2012
1	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12
2	0.13	0.12	0.13	0.12	0.12
3	0.12	0.12	0.13	0.12	0.11
4	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11
5	0.10	0.09	0.10	0.11	0.11
6	0.10	0.11	0.12	0.12	0.11
7	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11
8	0.11	0.09	0.10	0.11	0.10
9	0.10	0.09	0.11	0.10	0.11
10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09

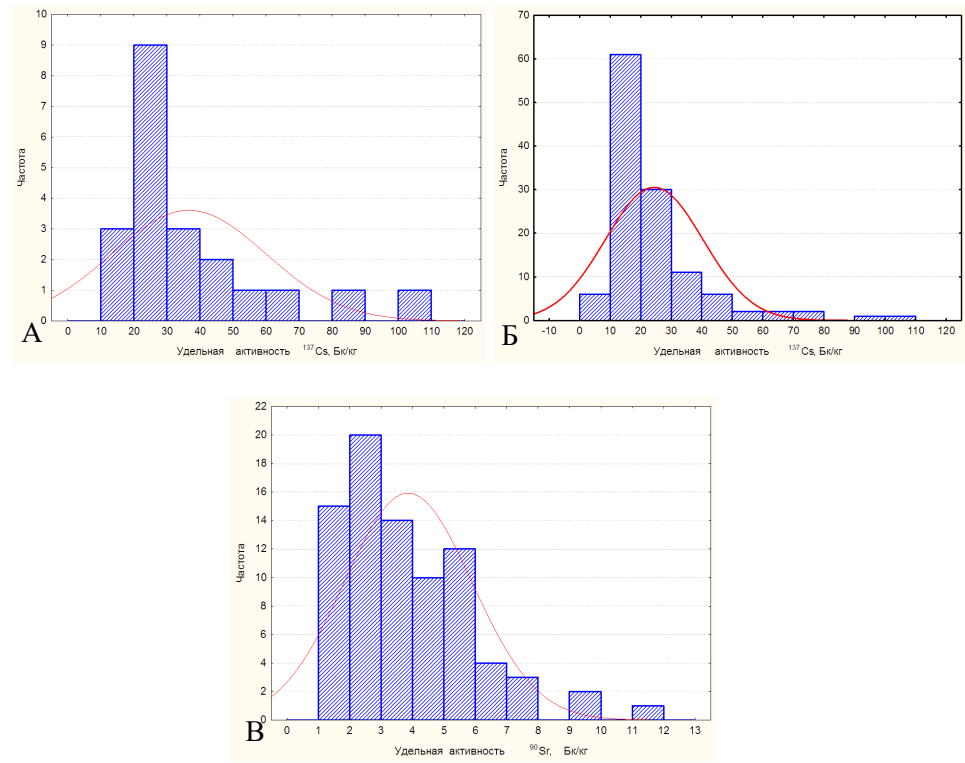


Рисунок 2. Распределение ¹³⁷Cs в почвах 5 (А) и ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в почвах 15 км (Б, В) зон Курской АЭС

Частота распределения значений удельной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в почвах 5 и 15 км зон Курской АЭС приближается к логнормальному распределению (рис. 2), что говорит о том, что 68% всех значений находятся в диапазоне $\pm 1\sigma$ стандартного отклонения от среднего, а диапазон $\pm 2\sigma$ стандартного отклонения содержит 95% всех значений, или другими словами, частота значений меньше

$\pm 2\sigma$ от среднего значения составляет не более 5%. Таким образом, при закладке сети контрольных участков в регионе размещения Курской АЭС-2 не было необходимости учитывать фактор неравномерности загрязнения.

Наблюдаемое варьирование значений содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах определяется в основном характером распределения радионуклидов по слоям почвы и, соответственно, видом сельскохозяйственных угодий. На пахотных угодьях за счет многократно проводимых механических обработок почвы все суммарное количество ^{137}Cs и ^{90}Sr достаточно равномерно распределено в слое 0-25 см. На целинных же участках, напротив, основное количество радионуклидов находится в верхнем 0-10 см слое почвы, что оказывает влияние как на размеры накопления ^{137}Cs в растениях, так и на характер определяемой в момент отбора проб экспозиционной дозы, что указывает на важность учета при проведении обследования вида сельскохозяйственных угодий.

Таким образом, различия в содержании ^{137}Cs в почве 5 и 15 км зоны КуАЭС в сравнении между собой статистически недостоверны. Имеющееся увеличение среднего содержания ^{137}Cs в почвах 5 и 15 км зон обуславливается влиянием выпадений в результате аварии на Чернобыльской АЭС и в большей степени характерно для естественных целинных участков, на которых основное количество ^{137}Cs содержится в верхних слоях, что определяет повышенное содержание радионуклидов в слое 0-10 см. При этом обращает на себя внимание тот факт, что если соотношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в глобальных выпадениях составляет в среднем 1:2, то в 15 км зоне КуАЭС указанное соотношение варьирует в диапазоне 1:2.5-4.3, что указывает на влияние чернобыльских выпадений.

В результате исследований установлено также, что содержание естественных радионуклидов в районе исследований соответствует обычному радионуклидному составу поверхностных слоев почв характерных для Европейской части Российской Федерации. При этом среднее содержание ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th составляет, соответственно 584.4 ± 94.6 , 30.5 ± 7.0 и 34.3 ± 5.0 (рис. 3).

Характер распределения радионуклидов по слоям почв определяется почвенно-климатическими условиями, геоморфологией участков, свойствами радионуклидов и временем, прошедшим после их выпадений. Максимумы запасов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве целинного контрольного участка 10 сосредоточены в слоях 5-10 и 10-15 см, соответственно (рис. 4). Данные различия обусловлены особенностями миграционной подвижности ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Суммарная активность искусственных радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур определяется долгоживущими ^{137}Cs и ^{90}Sr . Различия в накоплении радионуклидов для одной и той же культуры на контрольных участках в разные годы достигают 1.5 раз, что обусловлено влиянием погодных условий, а также разными дозами внесения удобрений (рис. 5).

В зависимости от типа и, соответственно, свойств почв прослеживается тенденция большего накопления радионуклидов в растениях из более легких по гранулометрическому составу почв. Максимальным размером накопления радионуклидов характеризуется природный травостой и бобовые культуры, минимальным – овощные культуры (табл. 3). Различия в коэффициентах

перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожай между данными видами культур достигают 50 раз, а в среднем составляют 10-20 раз. Следует отметить, что переход ^{90}Sr из почв в сельскохозяйственные культуры в среднем в 2-5 раз выше по сравнению с ^{137}Cs .

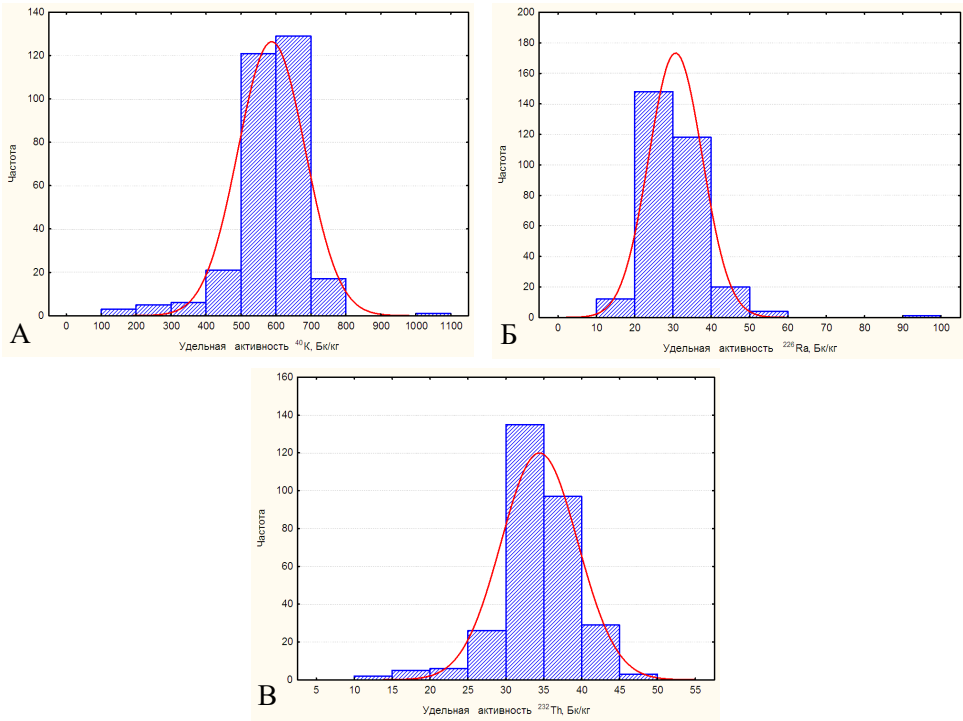


Рисунок 3. Распределение ^{40}K (А), ^{226}Ra (Б) и ^{232}Th (В) в почвах 15-км зоны Курской АЭС

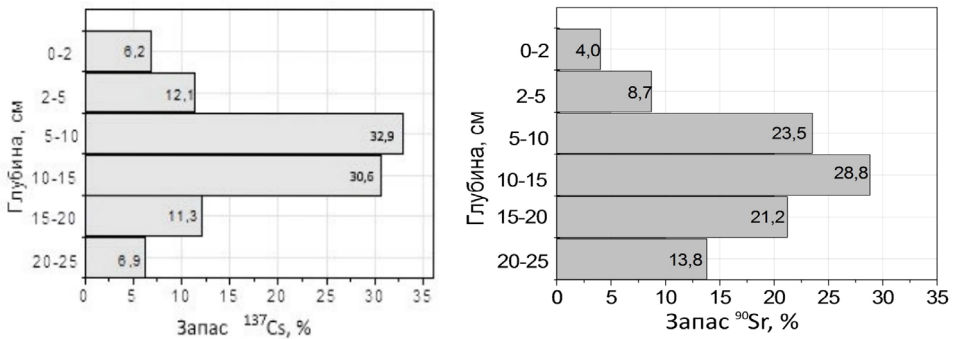


Рисунок 4. - Распределение запаса ^{137}Cs (а) и ^{90}Sr (б) по глубине почвенного профиля пастбища

В овощных культурах максимальное содержание ^{137}Cs выявлено в моркови – 0.086 Бк кг^{-1} , минимальное в помидорах (0.011 Бк кг^{-1}). При этом их значения по содержанию ^{137}Cs в овощах в 930-7270 раз ниже предельно-допустимых значений (Гигиенические требования..., 2002).

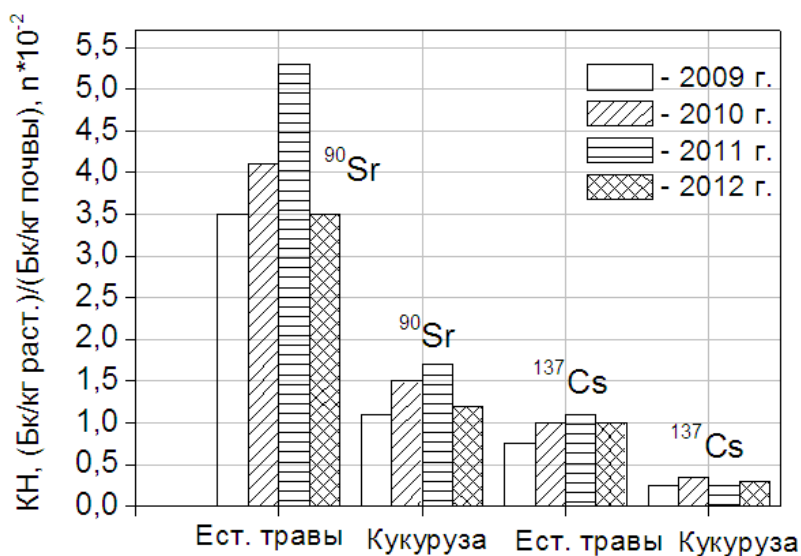


Рисунок 5. Динамика коэффициентов накопления ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в кормовые культуры

Таблица 3. Средние значения коэффициентов перехода радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур, (Бк кг⁻¹ растений)/(кБк м⁻² почвы), 2012 г.

Культура	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Мн. сеяные травы	1.43	0.54
Ест. травы	1.42	0.41
Оз. пшеница, зерно	0.19	0.07
Оз. пшеница, солома	0.94	0.36
Ячмень, зерно	0.17	0.14
Ячмень, солома	0.39	0.62
¹ Картофель	0.17	0.20
Кабачки	0.10	0.04
Капуста	0.129	0.04
Перец	0.115	0.07
Морковь	0.026	0.11
Лук (репка)	0.04	0.05

Примечание. Данные по овощам представлены на сырую, остальные – на воздушно сухую массу

Определение содержания искусственных радионуклидов в молоке коров также показало, что средние уровни содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr во всех отобранных образцах не превышают предельно допустимых уровней и в абсолютном значении до 500 раз ниже установленных нормативов по ¹³⁷Cs и до 830 раз ниже по ⁹⁰Sr (Гигиенические требования....., 2002) (табл. 4).

Таблица 4. Содержание радионуклидов в почвах и сельскохозяйственной продукции контрольных участков, 2012 г, Бк кг⁻¹

КУ		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K
1	Почва	26.80	4.50	36.0	25.9	562
	Естественные травы	0.20	0.30	² н.п.о	н.п.о.	175
2	Почва	17.7	3.30	34.5	30.1	608
	Люцерна	0.66	1.20	н.п.о.	н.п.о.	370
3	Почва	22.0	3.70	37.1	26.8	587
	Кукуруза	0.92	0.80	н.п.о.	н.п.о.	177
4	Почва	21.90	4.50	34.7	26.3	545
	Соя, вегетативная масса	1.50	1.60	н.п.о.	н.п.о.	929
5	Почва	27.60	4.40	32.8	24.2	514
	Яровая пшеница, зерно	0.25	0.35	н.п.о.	н.п.о.	542
6	Почва	33.30	5.10	32.7	26.2	584
	Кукуруза	0.84	1.20	-	-	480
7	Почва	14.10	3.10	32.7	22.5	608
	Естественные травы	0.33	0.40	н.п.о.	н.п.о.	929
8	Почва	9.30	2.40	35.4	30.2	605
	Естественные травы	0.44	0.50	н.п.о.	н.п.о.	233
9	Почва	18.60	3.60	50.5	40.7	940
	Естественные травы	0.12	0.30	н.п.о.	н.п.о.	237
10	Почва	31.00	4.70	32.4	24.5	523
	Естественные травы	0.80	0.90	н.п.о.	н.п.о.	753
	¹ Молоко	0.20	0.03	н.п.о.	н.п.о.	188
	Капуста	0.027	0.047	н.п.о.	н.п.о.	50
	Помидоры	0.011	0.017	н.п.о.	н.п.о.	60
	Картофель	0.019	0.024	н.п.о.	н.п.о.	110
	Лук репка	0.118	0.12	н.п.о.	н.п.о.	71
	Перец	0.030	0.033	н.п.о.	н.п.о.	61
	Морковь	0.086	0.10	н.п.о.	н.п.о.	138
Допустимый уровень по СанПиН 2.3.2.1078-01 (с изменениями и дополнениями)						
		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr			
	Зерно	60	-			
	Молоко	100	25			
	Овощи	80	40			
	Картофель	80	40			

Примечания. 1. Данные по овощам и молоку представлены на сырую, остальные – на воздушно-сухую массу
 2. н.п.о – ниже предела обнаружения

Вклад естественных радионуклидов в суммарную активность продукции полностью определяется ^{40}K . Естественные радионуклиды ^{226}Ra и ^{232}Th обладают низкой биологической подвижностью и в растениях практически не накапливаются. В связи с чем, во всех анализируемых образцах уровни содержания данных радионуклидов находятся ниже предела обнаружения (табл. 4).

Проведенные расчеты показали, что за счет потребления продуктов питания, получаемых в зоне наблюдения КуАЭС, в рацион местного населения поступает около 63 Бк год^{-1} ^{90}Sr и 195 Бк год^{-1} ^{137}Cs , что почти в 400 раз по ^{137}Cs и более 20 раз по ^{90}Sr ниже предела годового поступления (ППП), установленного НРБ-99/2009 (Нормы радиационной безопасности..., 2009) (табл. 5).

Таблица 5. Поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs с местными продуктами питания в рацион населения, проживающего в регионе Курской АЭС

Компоненты рациона	Поступление радионуклидов, Бк год ⁻¹	
	^{90}Sr	^{137}Cs
Мясо (говядина)	0.5	56
Мясо (птица)	0.02	3.4
Молоко	8.5	90.3
Яйцо	0.004	0.04
Рыба	6.5	4.9
Картофель	10.5	8.0
Капуста	5.5	6.0
Огурцы, помидоры	8.5	7.3
Лук репка и зелень	2.2	3.0
Морковь, свекла	4.1	3.5
Хлеб	16.3	13.0
Всего	62.6 (0.48% от ППП)	195.4 (0.25% от ППП)
ППП с пищей	1300	77000

При этом ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения, обусловленная поступлением в организм ^{137}Cs и ^{90}Sr , за год составит 2.5 и 5.0 мкЗв, соответственно. Основной вклад в поступление ^{137}Cs в рацион населения вносят молоко (46.2%), мясо (28.7%), картофель и овощи (14.2%), а ^{90}Sr – молоко (13.5%), продукты растениеводства – 75.8%

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что функционирование Курской АЭС в нормальном режиме эксплуатации не ведет к ухудшению радиационной обстановки в районе размещения станции.

Дискуссия

Наблюдения за радиоактивным загрязнением компонентов природной среды на территории России осуществляются радиометрической сетью Росгидромета, а радиационная обстановка на Курской АЭС и в регионе ее расположения кон-

тролируется автоматизированной системой контроля радиационной обстановки (АСКРО) и службой внешнего радиационного контроля КуАЭС.

На территории Курской области в настоящее время внедрена единая система информационного обеспечения радиационной безопасности населения, включающая радиационно-гигиеническую паспортизацию и Единую государственную систему учета доз облучения населения (ЕСКИД) (Доклад..., 2016). Анализ всей совокупности экспериментальных данных показал, что в последние 10 лет радиационная обстановка на территории Курской области была стабильной и существенно не менялась, а радиационный фактор не является ведущим фактором вредного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Максимально наблюдаемые в отдельные периоды времени значения среднегодовой объемной активности ^{137}Cs в приземном слое атмосферы г. Курчатова до $25.2 \cdot 10^{-7}$ Бк м^{-3} и среднемесячных значений до $84 \cdot 10^{-7}$ Бк м^{-3} на шесть-семь порядков ниже допустимой объемной активности ^{137}Cs в воздухе для населения (ДООАЭС) по НРБ-99/2009 (Отчет..., 2016; Государственный доклад..., 2016).

Среднее значение плотности загрязнения почв Курской области ^{137}Cs за последние пять лет составило 5.0 кБк м^{-2} , максимальное – 109.0 кБк м^{-2} и в значительной степени обусловлено выпадениями в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. (Материалы..., 2016; Данные ..., 2015)

Непрерывный мониторинг радиационной и метеорологической обстановки в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения Курской АЭС во всех режимах эксплуатации Курской АЭС показывает варьирование мощности экспозиционных доз в диапазоне 0.08-0.12 мкЗв ч^{-1} (при норме до 0.3 мкЗв час^{-1} , установленной «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010), (Отчет..., 2016; Доклад..., 2016).

По данным радиологической лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Курской области» за период наблюдения с 2011 по 2015 годы, превышений гигиенических нормативов содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах питания местного производства не обнаружено (Материалы..., 2016; Доклад..., 2016).

Материалы контролирующих организаций коррелируют с результатами проводимого радиэкологического мониторинга агроэкосистем в районе расположения Курской АЭС. При этом формирование дозовых нагрузок на местное население за счет потребления сельскохозяйственных продуктов, получаемых с сельскохозяйственных угодий не превышают установленных нормативных значений. Вместе с тем оценка экологической обстановки и состояние почвенного плодородия сельскохозяйственных земель в районах расположения радиационно-опасных объектов не могут быть решены только применением методов дистанционного мониторинга и требуют наземного обследования, что в целом обеспечивает объективную оценку радиационной и токсико-экологической ситуации, выявление тенденций в ее изменении и прогноз, на основании которого принимаются решения по оздоровлению экологической обстановки в сфере сельскохозяйственного производства.

Список литературы

Аврорин Е.Н., Адамов Е.О., Алексахин Р.М., Джалавян А.В., Драгунов Ю.Г., Иванов В.Б., Калякин С.Г., Лопаткин А.В., Молоканов Н.А., Муравьев Е.В. Орлов В.В., Рачков В.И., Смирнов В.П., Троянов В.М. 2012. Концептуальные положения стратегии развития ядерной энергетики России в XXI веке. – М., ОАО "НИКИЭТ", 62 с.

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01. 2002. – М., ФГУП «ИнтерСЭН», 168 с.

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». 2016. – М., Минприроды России, НИА-Природа, 639 с.

Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием - 137, стронцием - 90 и плутонием - 239+240. 2015. / Под редакцией С.М. Вакуловского. – Обнинск, ФГБУ “НПО “Тайфун”, 225 с.

Доклад «О состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2015 году». 2016. – Курск, Администрация Курской области, 126 с.

Материалы государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Курской области в 2015 году». 2016. – Курск, Администрация Курской области, 280 с.

Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках. 1996. – М., ЦИНАО, 16 с.

Методические указания “Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов” МУ-13.513-00, 2000. – М., 28 с.

Методы организации и ведения агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных угодий в зонах техногенного загрязнения и оценка экологической обстановки в сельском хозяйстве в регионах размещения атомных электростанций и аварии на ЧАЭС. 2010. /Под ред. Н.И. Санжаровой. – Обнинск, ВНИИСХРАЭ, 276 с.

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы СанПин 2.6.1.2523-09; введены в действие с 1 сентября 2009 г.

Отчет об экологической безопасности за 2015 год. 2016. – Курск, Курская АЭС, 54 с.

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): Санитарные правила и нормативы 2.6.1.2612-10.

ОСТ 10 071-95 “Стандарт отрасли. Почвы. Методика определения Cs-137 в почвах сельхозугодий».

ОСТ 10 070-95 “Стандарт отрасли. Почвы. Методика определения Sr-90 в почвах сельхозугодий”.

Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств. 2014. Обнинск, ФГБУ «НПО «Тайфун», 367 с.

Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций. СанПиН 2.6.1.24-03. 2003. Утверждены постановлением Минздрава РФ от 28.04.2003 г. № 69.

Энергетическая стратегия России до 2030 г. 2009. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.

References

Avrorin E.N., Adamov E.O., Aleksahin R.M., Dzhavlyan A.V., Dragunov YU.G., Ivanov V.B., Kalyakin S.G., Lopatkin A.V., Molokanov N.A., Murav'ev E.V., Orlov V.V., Rachkov V.I., Smirnov V.P., Troyanov V.M. 2012. *Konceptual'nye polozheniya strategii razvitiya yadernoj ehnergetiki Rossii v XXI veke* [Conceptual provisions of development strategy of nuclear power industry in Russia in the 21st century]. Moscow, OAO "NIKIET" Publ., 62 p. (In Russian).

Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoj cennosti pishchevyh produktov. Sanitarno-ehpidemiologicheskie pravila i normativy. SanPiN 2.3.2.1078-01. [Hygienic requirements of safety and nutritional value of food products. Sanitarian and epidemiological standards and regulations. SanPiN]. 2002. Moscow, FGUP «InterSEN» Publ., 168 p. (In Russian).

Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2015 godu». [State report "On environment and its protection in the Russian Federation in 2015"]. 2016. Moscow, Minprirody Rossii, NIA-Priroda Publ., 639 p. (In Russian).

Dannye po radioaktivnomu zagryazneniyu territorii naselennykh punktov Rossijskoj Federacii ceziem - 137, stronciem - 90 i plutoniem - 239+240. [Data on radioactive contamination of territories of settlements of the Russian Federation with caesium-137, strontium-90 and plutonium - 239+240]. 2015. Obninsk, FGBU NPO "Taifun" Publ., 225 p. (In Russian).

Doklad «O sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy na territorii Kurskoj oblasti v 2015 godu». [Report "On environment and its protection in Kursk region in 2015"]. 2013. Kursk, Administratsiya Kurskoj oblasti Publ., 126 p. (In Russian).

Materialy gosudarstvennogo doklada «O sostoyanii sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Kurskoj oblasti v 2015 godu». [Materials from the "State Report on sanitary and epidemiological wellbeing of population of Kursk region in 2015"]. 2016. Kursk, Administratsiya Kurskoj oblasti Publ., 280 p. (In Russian).

Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu lokal'nogo monitoringa na repornykh uchastkah. [Methodological guidelines on conduction of local monitoring at reference sites]. 1996. Moscow, TsINA O Publ., 16 p. (In Russian).

Metodicheskie ukazaniya "Organizatsiya gosudarstvennogo radioehkologicheskogo monitoringa agroehkosistem v zone vozdeystviya radiacionno-opasnykh"

ob"ektiv" MU-13.513-00, [Procedural guidelines "Organization of state radioecological monitoring of agricultural ecosystems in the impact zones of radiation hazardous facilities"]. 2002. Moscow, 28 p. (In Russian).

Metody organizacii i vedeniya agroekologicheskogo monitoringa sel'skohozyajstvennyh ugodij v zonah tekhnogenного zagryazneniya i ozenka ehkologicheskoy obstanovki v sel'skom hozyajstve v regionah razmeshcheniya atomnyh ehlektrostantsij i avarii na CHAES. [Methods of organization and fulfillment of agroecological monitoring of agricultural lands in the zones of technogenic contamination and assessment of ecological situation in agriculture in the regions of location of nuclear power plants and Chernobyl accident]. 2010. Obninsk, VNIISKhRAE Publ., 276 p. (In Russian).

Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009). Sanitarnye pravila i normativy SanPin 2.6.1.2523-09. 2009. [Radiation Safety Standard (NRB-99/2009). 2009. Sanitarian regulations and standards SanPiN 2.6.1.2523-09] (In Russian).

Otchet ob ehkologicheskoy bezopasnosti za 2015 god. [Report on environmental safety for 2015]. 2016. Kursk, Kurskaia AES Publ., 54 p. (In Russian).

Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiacionnoj bezopasnosti (OSPORB-99/2010): Sanitarnye pravila i normativy 2.6.1.2612-10. [Sanitarian regulations and standards 2.6.1.2612-10]. 2010. (In Russian).

OST 10 071-95 "Standart otrasli, Pochvy. Metodika opredeleniya Cs-137 v pochvah sel'hozugodij" [Standard of the industry, Soil. Method for determination of Cs-137 in soils of farmland]. (In Russian).

OST 10 070-95 "Standart otrasli. Pochvy. Metodika opredeleniya Sr-90 v pochvah sel'hozugodij" [The industry standard. Soil. Method for determination of Sr-90 in soils of farmland]. (In Russian).

Radiacionnaya obstanovka na territorii Rossii i sopredel'nyh gosudarstv [Radiation situation on the territory of Russia and neighboring countries]. 2014. Obninsk, «NPO «Taifun» Publ., 367 p. (In Russian).

Sanitarnye pravila proektirovaniya i ehkspluatacii atomnyh stancij. SanPiN 2.6.1.24-03. [Sanitary rules of design and operation of nuclear power plants SanPiN 2.6.1.24-03]. 2003. (In Russian).

Energeticheskaya strategiya Rossii do 2030 g. Utverzhdena rasporiazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 13 noiabria 2009 g. № 1715-r. [Energy Strategy of Russia for the period up to 2030. Approved by the decree of the Government of the Russian Federation from November 13, 2009 № 1715-p.]. 2009. (In Russian).

Статья поступила в редакцию: 14.05.2017 г.

После переработки: 25.06.2017 г.