DOI: 10.21513/2686-7710-2019-1-105-120 УДК 574:577.346 + 502.175; 631.95

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ БАЛТИЙСКОЙ АЭС

Н.В. Андреева, Е.И. Карпенко, В.К. Кузнецов, С.Н. Нуштаев*

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», Россия, 249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; **nva2803@yandex.ru*

Резюме. Представлены результаты радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в районе расположения площадки Балтийской АЭС. Изложены цели, задачи, описаны объекты, контролируемые параметры, методы проведения наблюдений. Дана характеристика основных свойств и параметров агроэкосистем. Изучено распределение искусственных и естественных радионуклидов в почве и их накопление в разных видах сельскохозяйственной и лесной дикорастущей продукции. Установлено, что удельная активность ^{137}Cs в почвах сельскохозяйственных угодий составляет в среднем 8.5±5.13 Бк/кг. Содержание ^{90}Sr в почве варьирует от 0.2 до 3.9 Бк/кг. В пробах сельскохозяйственной продукции превышения нормативов, регламентируемых нормативными документами по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr, не обнаружено. Максимальное накопление ^{137}Cs выявлено в грибах и ягодах, минимальное – в овощах. Полученные данные могут использоваться для последующей оценки воздействия антропогенных факторов на изменение радиоэкологической и агроэкологической обстановки на территориях прилегающих к АЭС.

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

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 в России в XXI веке» (Аврорин и др., 2012), в которых определены перспективы развития энергетического комплекса в целом. В принятых Правительством РФ документах развитие атомных электростанций (АЭС) в период до 2030 г. предложено провести за счет достройки начатых и освоения 10 новых площадок (Энергетическая стратегия России…, 2009). Одной из таких площадок является сооружение энергоблока № 1 Балтийской атомной станции в Неманском районе Калининградской области, которая предназначена для обеспечения электроэнергией Калининградской области и поставок энергии на экспорт. В настоящее время после приостановки строительства станции проводится работа по контрактации электроэнергии с Балтийской

АЭС со стороны энергокомпаний других государств с последующим завершением всех этапов строительства энергоблока.

В период строительства энергоблока основными являются нерадиационные факторы − отчуждение сельскохозяйственных угодий и лесных массивов под площадку АЭС и т.п. При работе АЭС в штатном режиме влияние на окружающую среду оказывают как радиационные факторы, так и нерадиационные, включая химические вещества, при этом происходит поступление в окружающую среду некоторого строго контролируемого количества радионуклидов, которые включаются в пищевые цепочки миграции и формируют дополнительное к естественному фону облучение живых организмов, в том числе человека (Методы организации и ведения…, 2010).

Сельскохозяйственная продукция во всех случаях является одним из основных источников поступления радионуклидов в организм населения, проживающего на территориях, прилегающих к атомным электростанциям, что обуславливает особое внимание к аграрным экосистемам как объекту воздействия предприятий ядерной энергетики (Методические указания…, 2000; Кузнецов и др., 2018). Учитывая, что в Российской Федерации в 50 км зонах воздействия АЭС от 50 до 90% территории занимают сельскохозяйственные угодья, становится очевидной необходимость организации системы агро- и радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в регионах размещения АЭС для обеспечения безопасного проживания населения и снабжения его продуктами питания и соответствующими санитарно-гигиеническим нормативам (СанПиН 2.3.2.1078-01., 2002; СП АЭС 2003; НРБ-99/2009).

Целью настоящей работы является оценка текущего уровня радиоактивного загрязнения агроэкосистем, регистрация основных природных и хозяйственных параметров агроэкосистем с целью последующего наблюдения, выявления тенденций возможного негативного воздействия АЭС на объекты окружающей среды.

Материалы и методы

В соответствии с п. 7.4.1.2 СП 151.13330.2012 радиационно-экологический мониторинг в рамках инженерно-экологических изысканий на стадии разработки проектной документации проводится в пределах выбранной площадки размещения АЭС и в зоне наблюдения радиусом 30 км (Свод Правил СП 151.13330.2012, 2012).

Исследования проводились методом экспедиционного обследования района расположения площадки Балтийской АЭС. В период с 2014 по 2016 гг. были организованы экспедиционные поездки, в ходе которых по заранее разработанной схеме проводился отбор проб компонентов наземных экосистем на содержание в них радионуклидов и определение агрофизических и агрохимических свойств почв.

Основной задачей работы являлось получение данных о содержании искусственных и естественных радионуклидов в компонентах аграрных экосистем и оценка свойств почв в районе расположения БтАЭС, определяющих

параметры накопления радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур. Данные наблюдения представляют особую актуальность из-за трансграничного переноса аварийного выброса Чернобыльской АЭС в 1986 г. и загрязнения сельскохозяйственных угодий, граничащих с районом расположения БтАЭС, что является важнейшим методологическим условием для объективной оценки воздействия АЭС на объекты окружающей среды в последующие годы активной эксплуатации энергоблоков.

Обследование проводилось на основе картографического материала площадки строительства Балтийской АЭС и удаленных от нее сельскохозяйственных угодий в соответствии с существующей системой землепользования и структурой севооборотов хозяйств, располагающихся в 30 км зоне Балтийской АЭС (рис. 1). При отборе образцов руководствовались 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 и ведения…, 2010; ГОСТ 17.4.4.02-84).

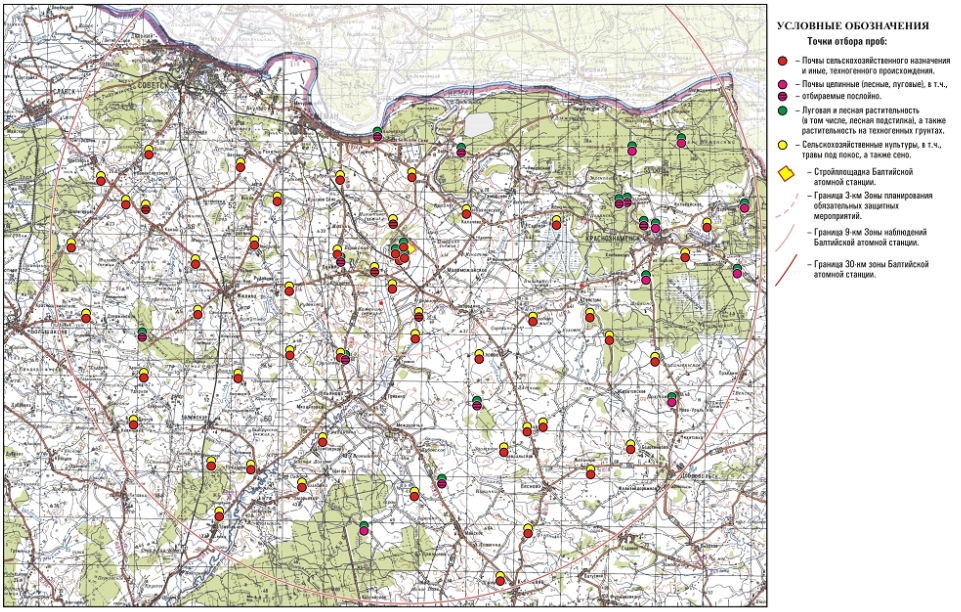

Рисунок 1. Карта-схема отбора проб почв и растений в 30-км зоне размещения БтАЭС

Основными контролируемыми параметрами, определяемыми при проведении обследования радиоактивно загрязненных территорий в сельском хозяйстве являлись: мощность эквивалентной дозы внешнего гамма излучения; удельная активность радионуклидов в объектах сельского хозяйства; агрохимические и агрофизические показатели почв, коэффициенты накопления радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур, кормах и продукции растениеводства.

Измерение мощности дозы на местности проводилось при помощи приборов ДКГ-01 и ДРГ-01Т, имеющих свидетельство о метрологической аттестации и рекомендованных Межведомственной комиссией по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете РФ. Замеры велись на каждом поле сельскохозяйственный угодий при движении по заранее разработанному маршруту, а средние показатели заносились в полевой журнал.

Состав и содержание искусственных и естественных радионуклидов определяли в следующих компонентах:

– в почвенном покрове агроэкосистем;

– в сельскохозяйственной продукции, выращиваемой в регионе (зерновые культуры, кормовые культуры, овощи, компоненты рациона сельскохозяйственных животных, молоко и мясо).

При обследовании почв сельскохозяйственных угодий соблюдался ряд общих методических положений (Организация …, 2000):

1. При отборе проб почвы учитывался вид сельскохозяйственных угодий – пахотные, естественные или улучшенные сенокосы и пастбища.

2. Отбор почвенных образцов на содержание радиоактивных веществ совмещался с проведением отбора проб на определение основных агрохимических показателей.

3. На пахотных угодьях отбор проб проводился на глубину пахотного горизонта (как правило, 20 см). Если кормовые угодья перепахивались, то отбор проб проводился на глубину пахотного слоя (не менее 20 см), если нет – то на глубину 10 см.

4. При проведении обследования проводился отбор средней пробы почвы. С этой целью смешанный образец составлялся из индивидуальных образцов. Каждый смешанный образец составлялся из индивидуальных проб, равномерно отбираемых через равные интервалы, по диагонали поля.

5. Обследование проводилось по полям севооборотов. Частота отбора проб устанавливалась в зависимости от размера полей и сложности структуры почвенного покрова хозяйства. Максимальный размер поля, с которого отбирался 1 смешанный образец, составлял 300-350 га, минимальный – 50 га.

Определение содержания ^{137}Cs в почвах осуществлялось в стационарных условиях методом гамма-спектрометрического, а ^{90}Sr радиохимического анализов. Измерения ^{137}Cs и ^{90}Sr проводились гамма-спектрометрическим и радиометрическим методами в соответствии с официально утвержденными методиками измерения активности радионуклидов в различных образцах (ОСТ10 071-95, ОСТ 10 070-95). Формирование образцов для измерений проводилось в стационарных условиях с обязательным использованием картографической основы по полям севооборотов и учетом дозиметрических измерений. Определение агрохимических показателей почв проводили общепринятыми методами (Практикум по агрохимии…, 2001). Статистическая обработка информации проводилась при помощи программных средств «Excel’00» и «Статистика 10.0».

Результаты

Измерения мощности эквивалентных доз внешнего гамма-излучения, проведенные в соответствии с регламентом мониторинга, показало, что указанные значения варьируют в пределах фоновых показателей – от 0.10 до 0.15 мкЗв/ч (табл. 1). Минимальные значения эквивалентных доз наблюдались на обрабатываемых пахотных угодьях и природных участках с более легким механическим составом почв, максимальные – на целинных суглинистых почвах.

Таблица 1. Мощности эквивалентных доз на разном расстоянии и направлении от площадки строительства Балтийской АЭС, мкЗв/ч

Расстояние, км	Направление от АЭС	Природные участки	Сельскохозяйственные угодья
0.5	С-З	0.12	-
1.0	С-З	0.15	0.14
1.5	Ю-З	-	0.12
2	Ю	0.15	0.14
2	З	-	0.10
4	Ю	-	0.10
7	Ю-З	-	0.11
10	С-В	0.13	-
15	С-З	0.10	0.11
20	С-З	0.10	-
25	Ю	0.14	0.14

В результате обследования установлено, что радиоактивность почв сельскохозяйственных угодий 30 км зоны возможного воздействия Балтийской АЭС обуславливается содержанием искусственных и естественных радионуклидов. Спектр искусственных радионуклидов определяется долгоживущими ^{137}Cs и ^{90}Sr. Радионуклидов наведенной активности (^{54}Mn, ^{59}Fe, ^{60}Co), а также ^{131}I и ^{134}Cs не обнаружено. Следует отметить, что удельная активность ^{137}Cs в почвах сельскохозяйственных угодий составляет в среднем 13.1 Бк/кг, а содержание ^{137}Cs в нарушенных почвах площадки Балтийской АЭС не превышает 1 Бк/кг (рис. 2).

Увеличение среднего содержания ^{137}Cs в почвах 30 км зоны 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.

В результате исследований установлено, что содержание ^{90}Sr в почве варьирует от 0.2 до 3.9 Бк/кг, что в целом укладывается в диапазон значений, определяемых преимущественно глобальными выпадениями (рис. 3). При этом не обнаружено каких-либо существенных различий в содержании ^{137}Cs

и ^{90}Sr в почвах 30 км зоны Балтийской АЭС в зависимости от направления и расстояния от площадки расположения БтАЭС.

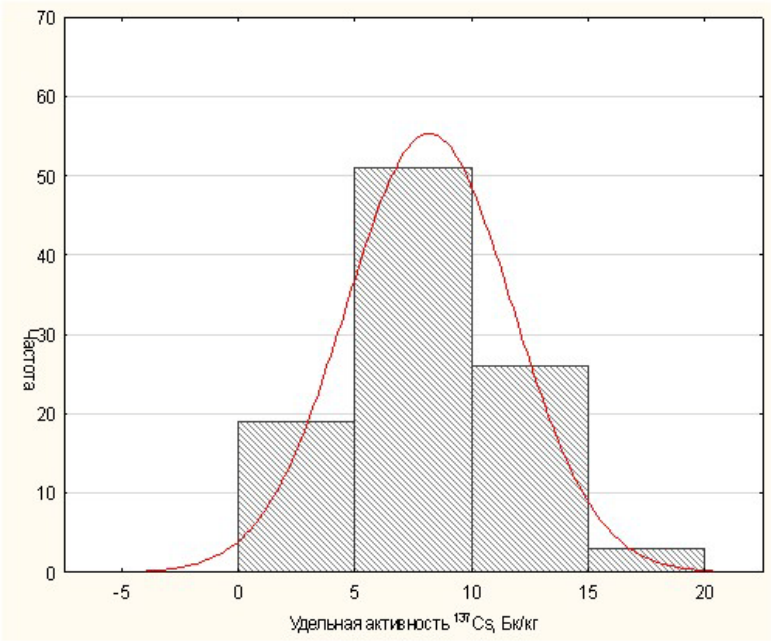

Рисунок 2. Частота распределения ^{137}Cs в почвах сельскохозяйственных угодий 30 км зоны Балтийской АЭС

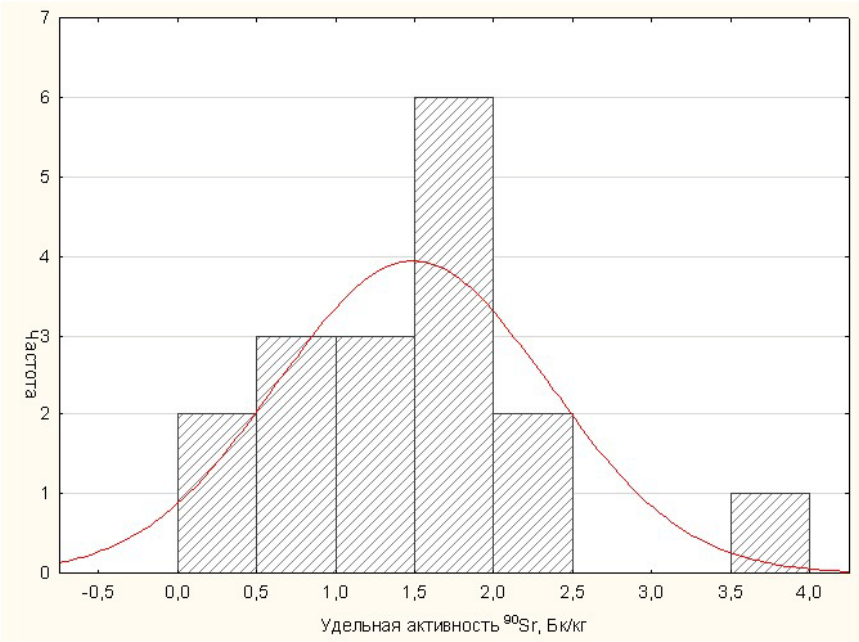

Рисунок 3. Диапазон и частота распределения ^{90}Sr в почвах сельскохозяйственных угодий 30 км зоны Балтийской АЭС

Таким образом, наблюдаемое варьирование значений содержания ^{137}Cs в почвах определяется в основном видом сельскохозяйственных угодий и агроландшафтов. Пахотные угодья, на которых ^{137}Cs равномерно распределен в верхнем 0-20 см слое, являются источниками минимальных и средних значений уровней содержания ^{137}Cs в почвах. На целинных же участках, напротив основное количество радионуклидов находится в верхнем 0-10 см слое почвы, что определяет основной их вклад в выборку значений с максимальным уровнем содержания ^{137}Cs, оказывает влияние на размеры накопления ^{137}Cs в растениях и на значения эквивалентных доз внешнего излучения.

Одним из естественных источников облучения объектов живой природы являются радиоактивные элементы рядов ^{238}U и ^{232}Th, а также ^{40}K, содержащиеся в земной коре. В районе исследований содержание естественных радионуклидов 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, 574, 24 и 25 Бк/кг. Варьирование средних значений по выделенным зонам определяется неоднородностью свойств почв и, в частности, гранулометрическим и органическим составом почв. Минимальное содержание естественных радионуклидов наблюдается на почвах легкого механического состава, максимальное – на глинистых почвах (рис. 4).

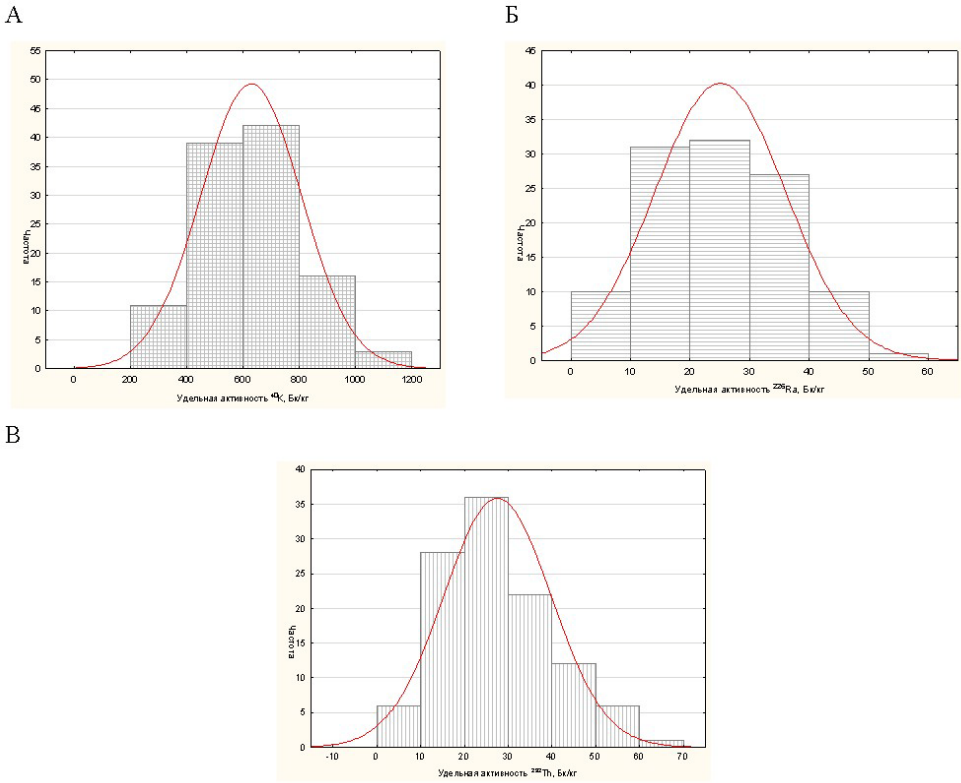

Рисунок 4. Распределение ^{40}K (А), ^{226}Ra (Б) и ^{232}Th (В) в почвах 30-км зоны обследования Балтийской АЭС

Частота распределения значений удельной активности ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{40}K, ^{226}Ra и ^{232}Th, представленная на рис. 2, 3, 4 в почвах 30 км зоны Балтийской АЭС, показывает преимущественно нормальное распределение, что говорит о том, что 68% всех значений находится в диапазоне ±1σ стандартного отклонение от среднего, а диапазон ±2σ стандартного отклонения содержит 95% всех значений, другими словами частота значений меньше ±2σ от среднего значения составляет не более 5%.

Для получения информации, необходимой для оценки состояния аграрных экосистем до пуска Балтийской АЭС и выявления наиболее критичных путей миграции радионуклидов в системе почва – растение, были проанализированы фондовые материалы и обобщены результаты обследования земель сельскохозяйственных предприятий, расположенных в 30 км зоне БтАЭС.

Почвенный покров сельскохозяйственных угодий относительно однородный и представлен в основном дерново-подзолистыми почвами легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава с реакцией почвенной среды близкой к нейтральной и преимущественно с низким и средним уровнем содержания гумуса (рис. 5). Около половины почв данного региона имеют высокую и очень высокую степень обеспеченности доступными формами фосфора и калия.

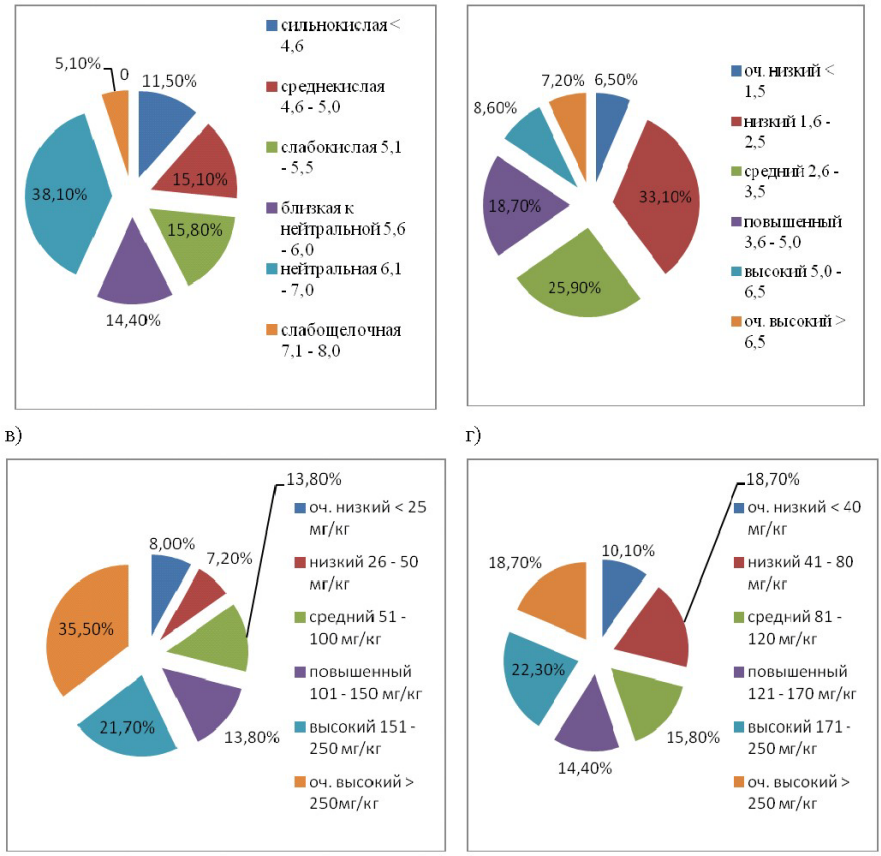

Рисунок 5. Группировка почв 30 км зоны Балтийской АЭС по основным агрохимическим показателям: а (pH); б (гумус, %); в (P_2O_5, мг/кг); г (K_2O, мг/кг)

Полученные результаты могут в дальнейшем служить базой для оценки динамики изменения агрохимических свойств почв и миграционной подвижности радионуклидов под влиянием антропогенных факторов.

Накопление искусственных радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур обуславливается долгоживущими ^{137}Cs и ^{90}Sr (табл. 2). Естественные радионуклиды ^{226}Ra и ^{232}Th обладают низкой биологической подвижностью и в растениях накапливаются в минимальных количествах. В связи с чем, во всех анализируемых образцах уровни содержания данных радионуклидов находятся ниже пределов приборного обнаружения, а вклад естественных радионуклидов в суммарную активность продукции полностью определяется ^{40}K.

Таблица 2. Содержание искусственных радионуклидов в различных видах продукции

№ п/п	Вид пробы	Удельная активность, Бк/кг	
		^{137}Cs	^{90}Sr
1	Грибы	3.3±0.3	-
2	Черника	8.5±0.7	-
3	Картофель	0.04±0.02	0.10±0.03
4	Свекла столовая	0.06±0.03	-
5	Морковь	0.04±0.02	-
6	Капуста белокочанная	0.07± 0.03	0.10±0.06
7	Огурцы	0.02±0.01	-
8	Лук	0.03±0.01	0.31±0.17
9	Молоко (коровье)	0.04±0.02	0.02±0.01
10	Мясо (говядина)	0.06±0.02	0.02±0.01
11	Ячмень, зерно	0.49 ± 0.20	-
12	Озимая пшеница, зерно	0.32 ± 0.15	0.26±0.16
13	Рапс, вегетативная масса	0.60±0.30	0.96±0.58
14	Клевер, вегетативная масса	0.74±0.36	-
15	Кукуруза, вегетативная масса	0.60±0.30	-
16	Бобовые травы, сено	1.15 ± 0.25	1.72±0.67
17	Злаковые травы, сено	0.70 ± 0.20	1.23±0.72
Допустимый уровень по СанПиН 2.3.2. 2650 – 01, Бк/кг			
Грибы		500	-
Ягоды дикорастущие		160	-
Овощи и картофель		80	40
Зерно		60	-
Молоко		100	25
Мясо		200	-

Для оценки перехода радионуклидов из почвы в сельскохозяйственные культуры используются коэффициенты перехода (Кп) – отношение концентрации радионуклида в растениях или продукции растениеводства (Бк/кг) к плотности загрязнения почвы (кБк/м^2) и коэффициенты накопления (Кн) отношение концентрации радионуклида в растениях (Бк/кг) к концентрации радионуклида в почве (Бк/кг).

В зависимости от видовых особенностей по накоплению ^{137}Cs в хозяйственно-ценной части сельскохозяйственной культуры располагаются в следующем порядке: бобовые многолетние травы (сено) > кукуруза на силос ≥ рапс (вегетативная масса) ≥ злаковые многолетние травы, сено > зерновые культуры (табл. 3). По размерам накопления ^{90}Sr полевые культуры составляют последовательность: бобовые многолетние травы (сено) > рапс > злаковые многолетние травы (сено) > кукуруза на силос > зерновые культуры. При этом коэффициенты накопления ^{90}Sr в 2.6-4.4 раза выше по сравнению с ^{137}Cs.

Таблица 3. Средние значения коэффициентов накопления искусственных радионуклидов в различных видах сельскохозяйственных культур, (Бк/кг раст./Бк/кг почвы)

Культура	^{137}Cs	^{90}Sr
Бобовые многолетние травы, сено	0.56±0.12	1.73±0.29
Злаковые многолетние травы, сено	0.23±0.10	0.61±0.08
Кукуруза, вегетативная масса	0.23±0.12	0.45±0.07
Озимая пшеница, зерно	0.07±0.01	0.23±0.04
Ячмень, зерно	0.10±0.03	-
Рапс, вегетативная масса	0.22±0.05	0.75±0.19

Установлено, что содержание радионуклидов в продукции частных подворий соответствует фоновым значениям. Максимальное накопление ^{137}Cs выявлено в дикорастущих грибах и ягодах черники – 3.3 и 8.5 Бк/кг, соответственно. Удельная активность искусственных радионуклидов в продуктах животного происхождения также находится на уровне концентраций глобального происхождения. В пробах сельскохозяйственной продукции превышения нормативов, регламентируемых СанПиН 2.3.2. 2650 – 01 по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr не обнаружено (табл. 2). При этом уровни их накопления в продукции растительного и животного происхождения, соответственно в 19-4000 и 1250-3330 раз ниже предельно-допустимых значений.

Дискуссия

Наблюдения за радиоактивным загрязнением природной среды на территории России проводятся организациями Росгидромета. На сети Калининградского ЦГМС осуществляется стационарный радиоэкологический мониторинг путем измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения, а также отбор проб атмосферных выпадений. В течение 2016-2018 гг. суммарная активность радиоактивных выпадений не превышала фоновых значений, а МЭД гамма-излучения на станциях колебалась в пределах 0.10-0.17 мкЗв/ч при среднемесячных значениях равных 0.13 мкЗв/ч (Государственный доклад.., 2018). Материалы контролирующих организаций коррелируют с результатами проводимого радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в районе расположения площадки Балтийской АЭС. Так измерение МЭД внешнего гамма-излучения во время проведения экспедиционных работ показало, что указанные значения варьируют в пределах фоновых показателей – от 0.10 до 0.15 мкЗв/ч.

Анализ всей совокупности экспериментальных данных показывает, что радиационная обстановка на территории 30 км зоны Балтийской АЭС стабильная и не подвержена существенному изменению. Согласно полученным данным мы видим, что наблюдаемое варьирование значений содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах определяется глобальными и привнесенными радиоактивными выпадениями в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Средняя удельная активность ^{137}Cs в почвах сельскохозяйственных угодий 30 км зоны соответствует фоновым значениям в 13 Бк/кг. Содержание ^{90}Sr в почве варьирует от 0.2 до 3.9 Бк/кг, что полностью укладывается в диапазон значений, определяемых преимущественно глобальными выпадениями.

Почвенный покров сельскохозяйственных угодий в обследованных хозяйствах относительно однородный. Агрохимические и агрофизические характеристики почв способствуют закреплению искусственных радионуклидов в почвенно-поглощающем комплексе. Вместе с тем малоплодородные органогенные почвы и почвы легкого гранулометрического состава могут являться источником повышенного накопления искусственных радионуклидов в растительности природных и аграрных экосистем, что является основанием для их включения в число наиболее критичных объектов наблюдения при завершении строительства и последующей эксплуатации Балтийской АЭС.

В урожае сельскохозяйственных культур превышения нормативов, регламентируемых СанПиН 2.3.2. 2650 – 01 по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr не обнаружено. Уровни их содержания в продукции растительного и животного происхождения в 19-4000 раз ниже предельно-допустимых значений. Вместе с тем в дикорастущих грибах и ягодах накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr может более чем в 100 раз превышать их содержание в овощах и мясо-молочной продукции.

Результаты исследований могут служить основой для последующей сравнительной оценки возможного изменения радиоэкологической и агроэкологической обстановки на территориях, прилегающих к Балтийской АЭС. Данные, полученные в ходе исследований являются показателем фоновых значений, которые в дальнейшем можно брать за основу для оценки воздействия после запуска и контроля влияния АЭС во время работы.

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. – 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., ФГПУ «ИнтерСЭН», 168 с.

ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. В сб. ГОСТов. 2008. – М., Стандартинформ, 11 с.

Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2017 г.» 2018. – Калининград, Правительство Калининградской области, 195 с.

Кузнецов В.К., Исамов Н.Н., Сидорова Е.В., Гешель И.В., Андреева Н.В., Санжаров А.И. 2018. Результаты радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в районе расположения Курской АЭС. – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, № 1, с. 70-85.

Методические указания «Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов» МУ-13.5.13-00. (утв. Минсельхозом РФ 7 августа 2000 г.). 2000. – М., 28 с.

Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках. 1996. – М., ЦИНАО, 16 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). 2009. – М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 100 с.

ОСТ 10071-95 «Стандарт отрасли. Почвы. Методика определения ^{137}Cs в почвах сельхозугодий». 1995. – М., Минсельхозпрод России, 11 с.

ОСТ 10070-95 «Стандарт отрасли. Почвы. Методика определения ^{90}Sr в почвах сельхозугодий». 1995. – М., Минсельхозпрод России, 24 с.

Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиоционно-опасных объектов. МУ-13.5.13-00. 2000. – М.,28 с.

Практикум по агрохимии. 2001. /Под ред. В.Г. Минеева. – М., Из-во МГУ, 689 с.

Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СПАЭС). Санитарные правила и гигиениечские нормативы СанПин 2.6.1.24-03. 2003. – М., Минздрав России, 41 с.

СанПиН 2.3.2.2650-01. Дополнения и изменения N 18 к санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам СанПиН 2.3.2.1078-01 "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: утв. постановлением Главного Государственного санитарного врача РФ от 28 июня 2010 г., № 71.

Свод Правил СП 151.13330.2012 Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. 2012. – М., Госстрой России, 155 с.

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

Статья поступила в редакцию: 04.04.2019 г. *После переработки: 02.07.2019 г.*

RADIO-ECOLOGICAL MONITORING OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS IN THE AREA OF THE BALTIC NPP

N.V. Andreeva, E.I. Karpenko, V.K. Kuznetsov, S.N. Nushtaev*

Russian Institute of Radiology and Agroecology,
109 km of Kiev Shosse, 249032, Obninsk, Kaluga region, Russian Federanion; **nva2803@yandex.ru*

Abstract. The results of radioecological monitoring of agroecosystems in the area of the Baltic NPP site are presented. The goals, objectives, objectives, controlled parameters, methods of observation are described. The characteristic of the main properties and parameters of agroecosystems is given. The distribution of artificial and natural radionuclides in the soil and their accumulation in various types of agricultural and forest wild-growing products has been studied. It was established that the specific activity of ^{137}Cs in agricultural soils averages 8.5 ± 5.13 Bq/kg. The content of ^{90}Sr in the soil varies from 0.2 to 3.9 Bq/kg. In samples of agricultural products exceeding the standards regulated by the normative documents on the content of ^{137}Cs and ^{90}Sr was not detected. The maximum accumulation of ^{137}Cs is found in mushrooms and berries, the minimum – in vegetables. The obtained data can be used for the subsequent assessment of the impact of anthropogenic factors on changes in the radioecological and agroecological situation in the territories adjacent to the NPP.

Keywords. Monitoring, nuclear power plants, agroecosystems, radionuclides, soil, food.

References

Avrorin E.N., Adamov E.O., Aleksahin R.M., Dzhalavyan 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 energetiki Rossii v XXI* [Conceptual provisions of the development strategy of nuclear energy in Russia in XXI]. Moscow, OAO «NIKIET», 62 p.

Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoj cennosti pishchevyh produktov. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy. SanPin 2.3.2.1078-01.2002 [Hygienic requirements for food safety and nutritional value. Sanitary and epidemiological rules and regulations. SanPin 2.3.2.1078-01.2002]. Moscow, FGPU «InterSEN», 168 p.

GOST 17.4.4.02-84 Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza [GOST 17.4.4.02-84 Nature protection. Soils. Methods for sampling and preparation of soil for chemical, bacteriological, helmintological analysis]. 2008. Moscow, STANDARTINFORM, 11 p.

Gosudarstvennyj doklad «Ob ekologicheskoj obstanovke v Kaliningradskoj oblasti v 2017 g.» [State report "On the environmental situation in the Kaliningrad region in 2017"]. 2018. Kaliningrad, Pravitel'stvo Kaliningradskoj oblasti, 195 p.

Kuznetcov V.K., Isamov N.N., Sidorova E.V., Geshel' I.V., Andreeva N.V., Sanzharov A.I. 2018. Rezul'taty radioekologicheskogo monitoringa agroekosistem v rajone raspolozheniya Kurskoj AES [The results of radioecological monitoring of agroecosystems in the area of the Kursk NPP]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem – Problems of environmental monitoring and modeling of ecosystems,* no. 1, pp. 70-85.

Metodicheskie ukazaniya «Organizaciya gosudarstvennogo radioekologicheskogo monitoringa agroekosistem v zone vozdejstviya radiacionno-opasnyh ob"ektov» MU-13.513-00 [Guidelines "Organization of state radioecological monitoring of agroecosystems in the area of exposure to radiation hazardous facilities" MU-13.513-00]. 2000. Moscow, 28 p.

Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu lokal'nogo monitoringa na repernyh uchastkah. [Guidelines for conducting local monitoring on reference sites]. 1996. Moscow, CINAO, 16 p.

Metody organizacii i vedeniya agroekologicheskogo monitoringa sel'skohozyajstvennyh ugodij v zonah tekhnogennogo zagryazneniya i ocenka ekologicheskoj obstanovki v sel'skom hozyajstve v regionah razmeshcheniya atomnyh elektrostancij i avarii na ChAES [Methods of organizing and conducting agroecological monitoring of agricultural land in technogenic pollution zones and assessing the environmental situation in agriculture in the regions where nuclear power plants are located and the Chernobyl accident]. 2010. Obninsk,VNIISHRAE, 276 p.

Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009): utv. postanovleniem Glavnogo Gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 07 iyulya 2009 № 47 [Radiation Safety Standards (NRB-99/2009): approved. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of July 7, 2009 No. 47]. 2009. Moscow, Federal'nyy tsentr gigiyenyi epidemiologii Rospotrebnadzora, 100 p.

OST 10 071-95 «Standart otrasli. Pochvy Metodika opredeleniya Ss-137 v pochvah sel'hozugodij» OST 10 071-95 ["Standard of the industry. Method of determination of Cs-137 in soils of farmland»]. 1995. Moscow, Minsel'khoz Rossii, 11 p.

OST 10 070-95 "Standard of the industry. Soils. The methodology of determination of Sr-90 in soils of agricultural lands» [OST 10 070-95 "Standard of the industry. Soils. The methodology of determination of Sr-90 in soils of agricultural lands»]. 1995. Moscow, Minsel'khoz Rossii, 24 p.

«*Organizaciya gosudarstvennogo radioekologicheskogo monitoringa agroekosistem v zone vozdejstviya radiacionno-opasnyh ob"ektov» MU-13.513-00* [Organization of state radioecological monitoring of agroecosystems in the area of exposure to radiation hazardous facilities. MU-13.5.13-00]. 2000. Moscow, 28 p.

Praktikum po agrohimii [Workshop on Agrochemistry]. 2001. Moscow. Izvo MGU, 689 p.

Sanitarnyye pravila proyektirovaniya i ekspluatatsii atomnykh stantsiy (SPAES). Sanitarnyye pravila i gigiyeniyechskiye normativy SanPin 2.6.1.24-03 [Sanitary rules for the design and operation of nuclear power plants (SPES). Sanitary rules and hygiene standards SanPin 2.6.1.24-03]. 2003. Moscow. Minzdrav Rossii, 41 p.

SanPiN 2.3.2.2650-01. Dopolneniya i izmeneniya N 18 k sanitarnoepidemiologicheskim pravilam i normativam SanPiN 2.3.2.1078-01 "Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoj cennosti pishchevyh produktov: utv. postanovleniem Glavnogo Gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28 iyunya 2010 g. № 71 [SanPiN 2.3.2.2650-01. Additions and changes N 18 to sanitary and epidemiological rules and standards SanPiN 2.3.2.1078-01 "Hygienic requirements of safety and food value of foodstuff: UTV. resolution of the Chief State sanitary doctor of the Russian Federation of June 28, 2010 № 71].

Svod Pravil SP 151.13330.2012 Inzhenernye izyskaniya dlya razmeshcheniya, proektirovaniya i stroitel'stva AES [The set of Rules SP 151.13330.2012 Engineering surveys for location, design and construction of nuclear power plants]. 2012. Moscow, Gosstroj Rossii, 155 p.

Energeticheskaya strategiya Rossii do 2030 g. [Energy strategy of Russia until 2030]. 2009. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 13 noyabrya 2009 g. № 1715-r 2009. [Approved by the order of the Government of the Russian Federation dated November 13, 2009 № 1715-p].