

□ Оригинальные научные публикации

А. Н. Стожаров¹, М. Г. Герменчук², А. Р. Аветисов¹, О. М. Жукова²

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ВЫПАДЕНИЙ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОСТРОВЕЦКОГО РАЙОНА ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»¹,
ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии,
контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»
Минприроды Республики Беларусь²

На основе экологической модели были рассчитаны суммарные годовые эффективные дозы на население, которые могут быть сформированы за счет загрязнения территории Островецкого района Гродненской области радионуклидами техногенного происхождения (¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr). В настоящее время диапазон доз от этих компонентов составляет 1–3 мкЗв/год. В регионе зоны наблюдения (12,9-км зона) годовая эффективная доза от техногенных радионуклидов не должна превышать 3 мкЗв. В течение 10-ти летнего периода времени этот показатель должен снизиться в 1,3 раза, через 30 лет – в 2,5 раза. В формировании суммарной дозы за счет радионуклидов цезия-137 основной вклад внесет внешнее облучение – 86%, от стронция-90 – внутренняя составляющая. Значительная часть дозы внутреннего облучения от цезия-137 будет формироваться при употреблении мяса и мясных продуктов. Радиоактивный стронций обеспечит большой вклад в дозу за счет загрязнения овощей. Внешняя доза облучения на территории стройплощадки АЭС может составлять несколько десятков микрозивертов и будет сформирована на одну треть за счет продуктов распада тория-232. Полученные данные могут быть приняты в качестве фоновых для сравнения и оценки влияния БелАЭС на окружающую среду и население на всех этапах ее эксплуатации.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, радиоактивный цезий, радиоактивный стронций, внешнее и внутреннее облучение, естественная радиоактивность.

A. N. Stojarov, M. A. Germenchuk, A. R. Avetisov, O. M. Zhukova

ANALYSIS OF THE FORMATION OF ANNUAL EFFECTIVE DOSE DUE TO THE DEPOSITION OF TECHNOGENIC RADIONUCLIDES ON THE TERRITORY OF OSTROVETS DISTRICT OF GRODNO REGION

Using ecological models we calculated the total annual effective doses on the population as a result of contamination in Ostrovets district of Grodno region with technogenic radionuclides (Cs-137 and Sr-90). At present time a range of doses was 1–3 μ Sv per year. The annual effective dose in the control area (within 12,9 km from the nuclear power plant) should not exceed 3 μ Sv. Calculation shows that in 10 years the dose will fall by 1.3 times, and in 30 years by 2.5 times. The external exposure is mostly caused by cesium-137 (86% of cesium irradiation is external), internal radiation is in large part caused by strontium-90. Most of the internal dose of Cs-137 is calculated through the expected consumption of meat and meat products. Much of the total Sr-90 dose comes from the contamination of vegetables. The external radiation dose on the construction site of the nuclear power plant is expected to be several tens microsieverts and a third of it will be formed by thorium decay products. The data obtained can be used as a baseline for estimating the impact of the Belarusian nuclear power plant on the environment and population.

Key words: radioactive contamination, radioactive cesium, radioactive strontium, internal and external doses, environmental radioactivity.

Как известно, в 2018 году в Беларуси войдет в строй первый энергоблок Островецкой атомной электростанции (БелАЭС). Площадка для строительства станции выбрана в центре Островецкого района, Гродненской области, примерно в 19 км от районного центра.

За прошедшие десятилетия восточная Европа, как и территория других регионов Земного шара подвергались загрязнению за счет глобальных выпадений, причиной которых было испытание ядерного оружия. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС произошло по-

вторное загрязнение долгоживущими радионуклидами территорий европейских стран и особенно, Беларуси. Для оценки радиационной обстановки в зоне расположения строящейся БелАЭС и возможных последствий ее воздействия на окружающую среду и население необходимо иметь исходные данные о радиационной обстановке в Островецком районе. Ранее в процессе подготовки отчета о воздействии на окружающую среду ОВОС подобный анализ был сделан, однако в этом документе, в основном, анализируется радиоэкологическая обстановка. Однако, с целью радиационной защиты населения необходимы знания о дозовых нагрузках за счет радионуклидов, которые являются продуктами выбросов АЭС, и прежде всего от их долго живущих компонентов. Именно с этой точки зрения, целью настоящего исследования явился анализ загрязнения и формирования доз на население за счет загрязнения территории Островецкого района Гродненской области основными долгоживущими техногенными радионуклидами (Cs-137 и Sr-90).

Островецкий район расположен в северной части Гродненской области. Большая часть территории района находится в границах Нарочанско-Вилейской низины и юго-западной части Ошмянской возвышенности. Он граничит с Ошмянским и Сморгонским районами Гродненской области, Мядельским районом Минской области и Поставским районом Витебской области, а также с Литовской Республикой. Площадь территории района составляет 1568 км². Центр района – г. п. Островец (8,4 тыс. жителей). В районе 397 сельских населенных пунктов. На расстоянии 5 км от площадки АЭС в населенных пунктах проживают примерно 800 человек. Плотность населения в рассматриваемом регионе – 15 чел/км². В основном преобладают малые поселения (менее 100 чел.).

Материалы и методы

Исходное загрязнение Cs-137 и Sr-90 территорий Островецкого района на 01.01.2016 года, а также данные по радиационному обследованию в регионе строящейся АЭС были предоставлены ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (1).

Расчет годовых эффективных доз (ГЭД) за счет внешнего и внутреннего облучения осуществляли на основании экологической модели с учетом перехода радионуклидов в систему почва–растения, растения–животные, животные–человек с помощью программы RESRAD (onsite) 7.0, разработанной в Аргонской национальной лаборатории (США). Рассчитывались дозы внутреннего облучения за счет потребления основных продуктов питания (мясная, овощная и молочная компоненты). Учитывался вклад продуктов распада Cs-137 – Ba-137m и Sr-90 – Y-90. Для расчетов использовались следующие параметры (табл. 1).

Картирование данных проводилось с помощью программы Surfer 12 производства компании Golden Software (США). Каждый изучаемый параметр из базы данных проходил процедуру обработки и создания сеточного файла (Grid File) средствами данной программы. Обработка входных данных имела следующие особенности:

– выбор метода математической обработки сеточных данных (Gridding method). Учитывая пятнистый характер загрязнения наиболее оптимальным оказался метод минимальных линий «Minimum Curvature». Остальные методы в той или иной степени занижали, завышали, или суще-

Таблица 1. Параметры, использованные при расчете доз облучения

№№ п/п	Параметры	Значение
1	Площадь загрязнения сельского населенного пункта	150000 кв. м
2	Прогнозное время	1,10 и 30 лет
3	Толщина загрязненного слоя почвы	20 см
4	Плотность почвы загрязненного слоя	1,35 куб. см
5	Потребление овощей и картофеля	163 кг/год
6	Потребление молока	260 кг/год
7	Потребление мяса	91 кг/год

ственно исказили результаты реальных изменений в ходе математической обработки полученных данных;

– остальные параметры (Grid Z limits, Z Transform, Grid Line Geometry и др.) были взяты по умолчанию, т. к. их изменение либо не требовалось (например, на ограничение диапазона данных), либо было малоприспособно в настоящем исследовании (например, использование логарифмической шкалы).

Для картирования данных в качестве графической основы местности использовались векторные шейп-файлы (*.shp). Преимущества данного стандарта геоинформационных систем: простота использования, универсальность, кроссплатформенность, гибкость, доступность на официальных сайтах разработчиков (например, <http://gis-lab.info/>).

При прорисовке карт использовались стандартные параметры сглаживания (Smoothing-pone). Остальные параметры визуализации были равными для карт, отражающих изменения одного изучаемого параметра, и подбирались с учетом их оптимальной информативности.

Результаты и обсуждение

Территория Островецкого района характеризуется пятнистой загрязненностью, обусловленной, по всей видимости, глобальными выпадениями и выпадениями из радиоактивного облака вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС. Территория Островецкого района загрязнена радиоактивным цезием более или менее равномерно, на ее территории имеются невыраженные участки загрязнения с плотностью от 0,02 до 0,04 Ки/кв. км. Имеется пятно, которое находится на востоке от Островца с плотностью загрязнения 0,04 Ки/кв. км. В районе расположения БелАЭС плотность загрязнения территории не превышает 0,01 Ки/кв. км. В зону наблюдения (ЗН), радиусом 12,9 км попадает территория с поверхностной активностью в упомянутом выше диапазоне, т. е. от 0,02 до 0,04 Ки/кв. км. Согласно расчетам, через 30 лет, в отсутствие источников загрязнения на территории района не останется участков с поверхностной активностью более 0,03 Ки/кв. км.

Расчет суммарных эффективных доз облучения населения за счет радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr показал, что их диапазон в Островецком районе в настоящее время составляет от 1 до 3 мк³ в/год. В районе ЗН (12,9-км зона) годовая эффективная доза на население за счет техногенных радионуклидов не должна превышать 3 мк³ в (рис. 1). Согласно прогнозу, в течение 10-ти летнего периода времени этот показатель должен снизиться в 1,3 раза, через 30 лет в 2,5 раза.

Вклад цезия-137 в формирование суммарной годовой эффективной дозы в виде внешнего облучения составит 86%. Внутренняя составляющая дозы будет обусловлена ⁹⁰Sr и ее вклад превысит 98%.

Оригинальные научные публикации

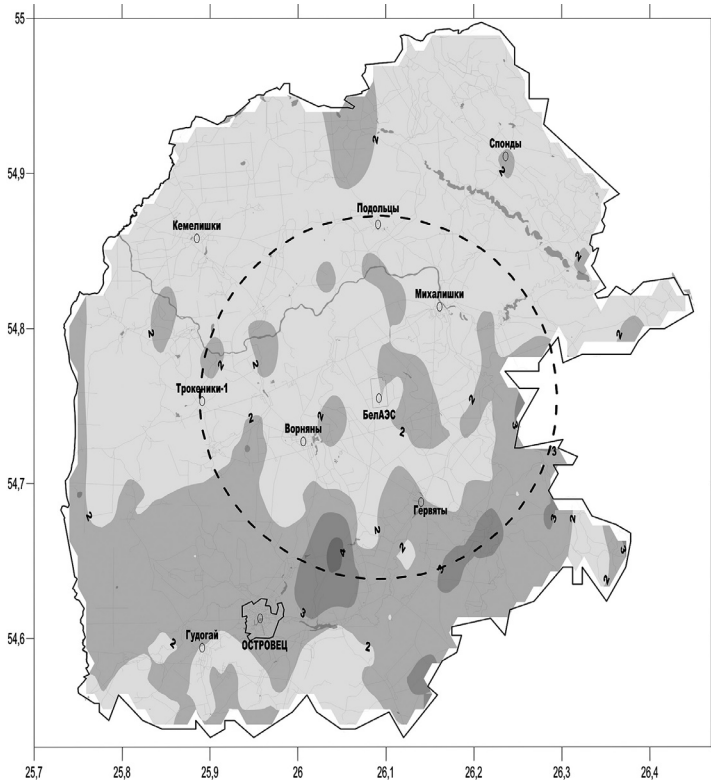


Рис. 1. Карта распределения ГЭД за счет ^{137}Cs и ^{90}Sr на территории Островецкого района Гродненской области по состоянию на 2015 год (по оси абсцисс – градусы восточной долготы, по оси ординат – градусы северной широты)

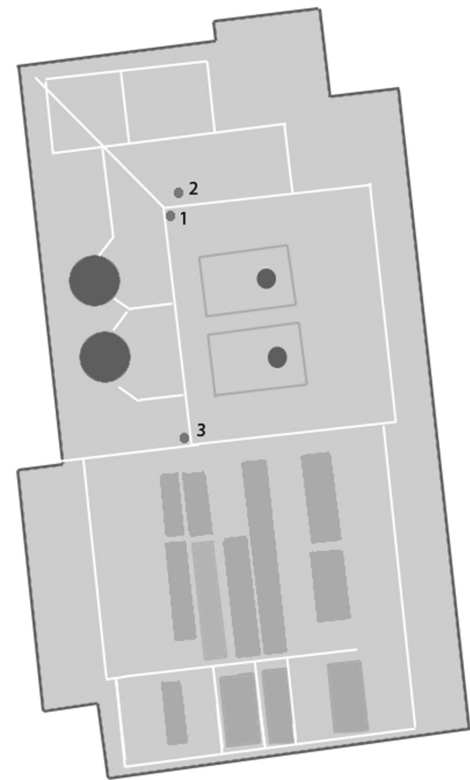


Рис. 2. Схема отбора проб на стройплощадке БелАЭС

Интересен анализ вклада различных компонентов пищевого рациона на формирование доз внутреннего облучения (табл. 2).

Таблица 2. Влияние состава пищевого рациона населения на формирование эффективных доз внутреннего облучения за счет инкорпорации Cs-137 и Sr-90 (в процентах от суммарной дозы внутреннего облучения)

Продукты питания	Cs-137	Sr-90
Овощная компонента, картофель	13	50
Мясная компонента	53	32
Молочная компонента	34	18

Очевидно, что большая часть дозы внутреннего облучения за счет радиоактивного цезия будет сформирована при употреблении мяса и мясных продуктов. Радиоактивный стронций обеспечит большую часть дозы за счет употребления овощей. Однако, учитывая неопределенность данных, эти результаты нуждаются в более детальном изучении.

Интересен анализ вклада в ГЭД различных составляющих. В настоящем исследовании было показано, что внешнее облучение, обусловленное нахождением цезия-137 в окружающей среде, является доминирующим, хотя другие исследования свидетельствуют об обратном (2, 3). Тем не менее, в работе Пономаренко В. В. и др. (4) продемонстрировано, что к настоящему моменту доля вклада цезия-137 во внутреннюю составляющую ГЭД снизилась до 5–25%. Следовательно, полученные нами расчетные результаты хорошо согласуются с данными этой публикации.

Помимо этого, нами произведен анализ формирования доз на территории стройплощадки БелАЭС (рис. 2). В расчет доз были включены как радионуклиды техногенного происхождения, так и представители радиоактивных

рядов урана-238 и тория-232, а также продукты их деления (Ra-226, Pb-210 и Ra-228, Th-228 соответственно) (табл. 3).

Как видно, внешняя доза облучения на территории стройплощадки составляет несколько десятков микрозивертов и будет сформирована на треть за счет продуктов радиоактивного ряда тория-232. При этом следует учитывать, что по окончании строительства грунт будет закрыт слоем защитного покрытия, выполняющего экранирующую функцию, и доза внешнего облучения от радионуклидов естественного происхождения снизится в несколько раз.

Принимая в качестве средней величины в Беларуси значение ГЭД от компонентов радиационного фона равное $2,4 \text{ мкЗв/год}$ можно утверждать, что загрязнение территории Островецкого района Гродненской области техногенными радионуклидами сформирует у населения дозу, не превышающую 3 мкЗв/год , что будет составлять не более

Таблица 3. Годовые эффективные дозы внешнего облучения (мкЗв/год) за счет радионуклидов техногенного и естественного происхождения на территории стройплощадки БелАЭС

Точка отбора	Cs-137	K-40	Ra-226	Th-232	Sr-90	Сумма
№ 1	(0,005) 0,29	(4,5) 15	(0,12) 21	(0,16) 17	(0,004) 0,002	54
№ 2	(0,005) 0,29	(4,3) 14	(0,11) 20	(0,16) 16	(0,004) 0,002	50
№ 3	(0,005) 0,29	(4,5) 15	(0,12) 21	(0,17) 18	(0,004) 0,002	54

Примечание: в скобках указана усредненная поверхностная активность в соответствующих точках отбора (Ки/кв. км).

0,1 % ГЭД, т. е. вклад ^{137}Cs и ^{90}Sr является незначительным. Таким образом, территория этого района является пригодной для размещения такого потенциально опасного радиационного объекта как атомная электростанция. Полученные данные могут быть приняты в качестве фоновых для сравнения и оценки влияния строящейся БелАЭС на окружающую среду и население на всех этапах ее эксплуатации.

Литература

1. Радиационное обследование объектов окружающей среды (почва, воздух, вода) в регионе строящейся Белорусской АЭС. ГУ «Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды. – Минск, 2013. – 34 с.

Оригинальные научные публикации

2. Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь / ГУ Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», сост. Н. Г. Власова и др. – Гомель, 2010. – 31 с.

3. Ильин, Л. А., Павловский О. А. Радиологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Атомная энергия. – 1988. – Т. 65, № 2. – С. 119–128.

4. Пономаренко, В. В., Панов А. В., Марочкина А. В. Оценка изменения доз облучения населения в различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС, Радиация и риск. – 2014. – Т. 23, № 3. – С. 100–114.

Поступила 8.12.2015 г.