

А. Н. Стожаров<sup>1</sup>, М. Г. Герменчук<sup>2</sup>, А. Р. Аветисов<sup>1</sup>, О. М. Жукова<sup>2</sup>

## ДОЗЫ ЗА СЧЕТ ТЕХНОГЕННЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ОСТРОВЕЦКОГО РАЙОНА ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>1</sup>,  
ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного  
загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды Республики Беларусь<sup>2</sup>

---

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 (<sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr). 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 больший 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  $\mu$ Sv per year. The annual effective dose in the control area (within 12,9 km from the nuclear power plant) should not exceed 3  $\mu$ 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 повторное 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 радиологическая обстановка. С целью радиационной защиты населения необходимы знания о дозовых нагрузках за счет радионуклидов, которые являются продуктами выбросов АЭС, и прежде всего от их долгоживущих 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 км<sup>2</sup>. 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/км<sup>2</sup>. 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 системах 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.

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 существенно искажали 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-none). 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 нахо-

дится 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 <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr показал, что их диапазон в Островецком районе в настоящее время составляет от 1 до 3 мкЗв/год. В районе ЗН (12,9-км зона) годовая эффективная доза на население за счет техногенных радионуклидов не должна превышать 3 мкЗв (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 <sup>90</sup>Sr и ее вклад превысит 98%.

Интересен анализ вклада различных компонентов пищевого рациона на формирование доз внутреннего облучения (табл. 1).

**Таблица 1. 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. 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. 2).

Суммарная доза (мкЗв/год) за счет Cs-137 и Sr-90 в Островецком и Ошмянском районах на 2015 год

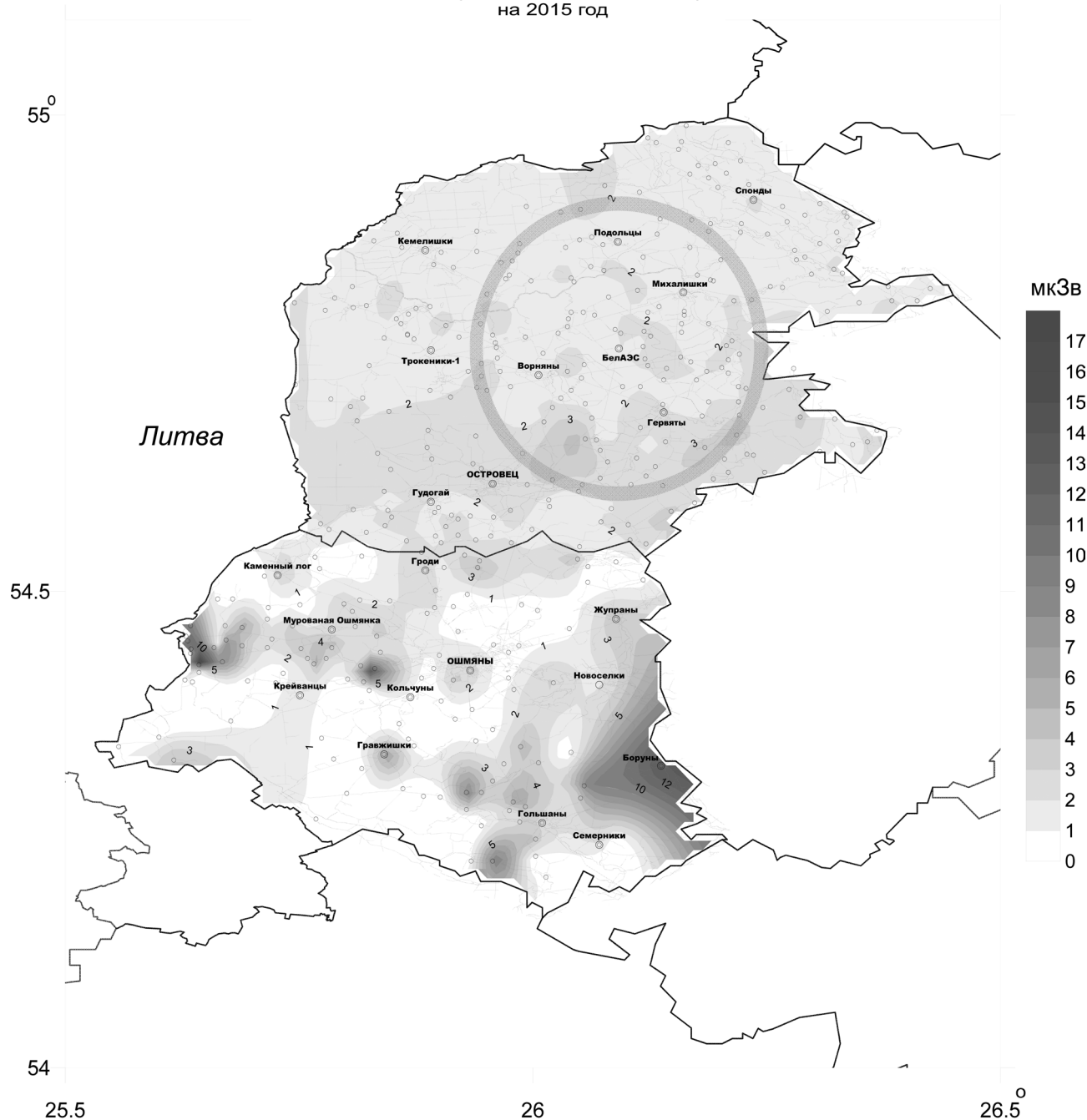


Рис. 1. Карта распределения ГЭД за счет <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr на территории Островецкого района Гродненской области по состоянию на 2015 год (по оси абсцисс – градусы восточной долготы, по оси ординат – градусы северной широты)

Таблица 2. 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

П р и м е ч а н и е: в скобках указана усредненная поверхностная активность в соответствующих точках отбора (Ки/кв.км.).

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 мЗв/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 0,1 % ГЭД, т.е. вклад  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  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.
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, 65, № 2, 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, 23, № 3, 100–114.

Поступила 29.12.2015 г.