

ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС С РЕАКТОРОМ ТИПА ВВЭР

ГУ «РНПЦ гигиены», г. Минск, Беларусь

Проведена оценка радиационного воздействия АЭС с реактором типа ВВЭР-1200 при ее нормальной эксплуатации на население Республики Беларусь. Установлено, что при работе АЭС в штатном режиме максимальные эффективные дозы облучения населения Беларуси, проживающего на различных расстояниях от АЭС, составят сотые доли миллизиверта в год. В соответствии с национальными и международными нормативными документами, как в краткосрочный, так и в долгосрочный период эксплуатации станции, введения ограничений или мер по защите населения не потребуется.

Ключевые слова: АЭС, нормальная эксплуатация, дозы облучения населения

Введение

В Республике Беларусь планируется построить атомную электростанцию (АЭС), состоящую из двух блоков с реакторами ВВЭР-1200. Ввод в эксплуатацию первого блока намечен на 2016 г., второго блока – на 2018 г. Приоритетной площадкой для строительства АЭС является площадка в Островском районе Гродненской области.

Учитывая, что любая деятельность по сооружению новых объектов может оказать определенное влияние на население и окружающую среду, проводится процедура Оценки Воздействия на окружающую среду (ОВОС). Эта процедура носит предварительный характер и имеет целью спрогнозировать и оценить возможное влияние на окружающую среду и население таких объектов, как АЭС, до их строительства и ввода в эксплуатацию. Одним из методов предварительной оценки воздействия объекта на окружающую среду является метод моделирования его работы в штатном режиме (при нормальной эксплуатации) с помощью математических расчетов и/или с использованием современного программного обеспечения, с целью предоставить количественный результат, который может быть использован на этапе принятия решения о строительстве [1].

В случае строительства АЭС важнейшим этапом является оценка радиационного риска. Мерилом радиационного риска

являются величины доз облучения населения. Прогнозируемые величины доз облучения являются основой принятия решения о строительстве. В процессе эксплуатации АЭС для контроля облучения населения и определения необходимости введения ограничительных или защитных мер обычно используют величины доз облучения, расчет которых базируется на данных о выбросах. Сами концентрации радионуклидов в выбросе при нормальной эксплуатации АЭС слишком малы чтобы быть измеренными непосредственно, особенно на значительных расстояниях от АЭС (к тому же измерить можно лишь ограниченное число нуклидов), и не могут выступать в качестве репрезентативных величин для оценки риска.

Целью данной работы являлась оценка доз облучения населения Беларуси при работе АЭС в штатном режиме.

Материал и методы исследования

Объектом исследования является АЭС-2006 с реактором типа ВВЭР-1200, работающая в режиме нормальной эксплуатации. Нормальная эксплуатация – это эксплуатация в установленных эксплуатационных пределах и условиях. В случае атомной электростанции это включает пуск, эксплуатацию (работу) на мощности, процесс останова (остановки), останов, техническое обслуживание, испытания и замену топлива [2].

Мощность станции составляет 3200 МВт, станция работает на полной мощности (100 % загрузка). Дозы облучения населения рассчитывались при условии выброса радионуклидов в рамках установленных пределов. Предельный допустимый выброс радионуклидов в атмосферу при нормальной эксплуатации для АЭС с реактором типа ВВЭР-1200 представлен в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Выброс радионуклидов в атмосферу

| Радионуклид | Годовой допустимый выброс, ТБк |
|--|--------------------------------|
| Инертные радиоактивные благородные газы | 690 |
| ¹⁴ C | 0,23 |
| ³ H | 30 |
| ¹³¹ I (газовая и аэрозольная формы) | 0,018 |
| ⁶⁰ Co | 0,007 |
| ¹³⁴ Cs | 0,0009 |
| ¹³⁷ Cs | 0,002 |

Постоянный выброс радионуклидов в атмосферу может вызвать облучение человека по ряду путей:

- внешнее облучение за счет радионуклидов в атмосферном воздухе и радионуклидов, осажденных на поверхности земли;
- внутреннее облучение за счет ингаляции радионуклидов;
- внутреннее облучение за счет поступления радионуклидов по пищевым цепям.

Все вышеперечисленные пути поступления учитывались при расчете доз.

Доза облучения рассчитывалась для гипотетического члена критической группы. Критической группой в данном случае выбраны взрослые (старше 17 лет), проживающие в населенных пунктах в районе потенциального воздействия АЭС, с идентичным рационом питания и, которые в соответствии с профессиональными и иными особенностями проводят одинаковую часть времени на открытом воздухе [4].

Для оценки доз необходимо учитывать возможность ведения сельскохозяйственного производства на территориях, при-

легающих к АЭС, его специфику, а также специфику потребления населением продуктов питания [5].

Потребление основных продуктов питания для данной категории населения представлено в таблице 2. Для потребления продуктов питания выбран средний рацион, характерный для жителей Беларуси (по данным БелСтат на 2008 год).

Полагалось, что данная категория населения потребляет продукты питания только местного производства.

Таблица 2 – Потребление продуктов питания, кг/год

| Продукт питания | Потребление, кг/год |
|---------------------|---------------------|
| Молоко | 62,99 |
| Молочные продукты | 43,61 |
| Говядина | 33,82 |
| Говяжьи субпродукты | 2,04 |
| Баранина | 0,35 |
| Бараньи субпродукты | 0,02 |
| Листовые овощи | 15,28 |
| Корнеплоды | 82,03 |
| Фрукты | 29,82 |

Время, которое проводит человек на открытом воздухе, зависит от ряда факторов, таких, как климат, род занятий, индивидуальные привычки человека и других. Общепринято, что человек в среднем проводит 80 % времени внутри помещения [1].

Интенсивность ингаляции гипотетического члена критической группы принята равной 8400 м³/год [1].

Расчет доз облучения населения проводился с использованием программного пакета PC CREAM-08 (Consequences of Releases to the Environment: Assessment Methodology), который является одним из наиболее современных программных инструментов для оценки радиологического влияния рутинных выбросов АЭС в окружающую среду [6].

Пакет разработан Агентством по охране здоровья (Health Protection Agency) Великобритании на основе предыдущей версии программы PC CREAM-98 и основан на документе «Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасности радиационных источников» [7].

Использовалась модель ASSESSOR, которая позволяет оценить дозы облучения населения в режиме нормальной эксплуатации вследствие постоянного выброса радионуклидов при ряде допущений и исходных данных, касающихся площадки размещения АЭС, уровней выбросов радионуклидов, метеоусловий, местонахождения и возрастной структуры населения и др.

Также для расчетов использовались сопутствующие модели:

- FARMLAND – динамическая модель миграции радионуклидов по пищевым цепям в результате длительных выпадений из атмосферы;
- PLUME – модель атмосферной дисперсии Гаусса для расчета средней концентрации радионуклидов в атмосфере;
- GRANIS – модель для расчета внешнего гамма облучения индивида от осажденных на почву радионуклидов;
- RESUS – временная модель ресуспензии для расчета средней годовой концентрации радионуклидов в воздухе вследствие ресуспензии ранее осажденных радионуклидов.

Одним из наиболее значимых путей распространения радионуклидов, как при нормальной эксплуатации АЭС, так и в аварийных ситуациях, является постоянная эмиссия (выброс) радионуклидов в атмосферу [1]. В данном случае рассматривался постоянный выброс радионуклидов в окружающую среду через трубу высотой 100 м (высота трубы, характерная для АЭС с реактором типа ВВЭР).

Расстояние, на которое радионуклиды могут быть распространены в атмосфере, зависит от многих факторов, таких как период полураспада радиоактивного изотопа, его физико-химической формы, погодных условий, а также процессов осаждения [1]. С помощью модели ASSESSOR программного пакета PC CREAM-08 проведен расчет значений доз облучения для населения, проживающего на расстоянии от 1 км до 500 км от АЭС за 1 год и 50 лет ее эксплуатации.

Результаты исследования

Результаты расчета доз облучения населения на различных расстояниях от АЭС с реактором типа ВВЭР при ее работе в режиме нормальной эксплуатации представлены в таблице 3.

Максимальное значение дозы облучения населения от АЭС за 1-й год ее работы в штатном режиме составит 0,414 мкЗв и будет наблюдаться на расстоянии 1 км от станции.

Таблица 3 – Дозы облучения населения при работе АЭС в штатном режиме, мкЗв

| Расстояние, км | Доза, мкЗв | |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 год эксплуатации | 50 лет эксплуатации |
| 1 | $4,14 \times 10^{-1}$ | $4,52 \times 10^{-1}$ |
| 5 | $1,36 \times 10^{-1}$ | $1,45 \times 10^{-1}$ |
| 10 | $5,57 \times 10^{-2}$ | $5,97 \times 10^{-2}$ |
| 20 | $2,21 \times 10^{-2}$ | $2,38 \times 10^{-2}$ |
| 25 | $1,63 \times 10^{-2}$ | $1,76 \times 10^{-2}$ |
| 30 | $1,26 \times 10^{-2}$ | $1,37 \times 10^{-2}$ |
| 35 | $1,02 \times 10^{-2}$ | $1,10 \times 10^{-2}$ |
| 50 | $6,10 \times 10^{-3}$ | $6,60 \times 10^{-3}$ |
| 100 | $2,29 \times 10^{-3}$ | $2,45 \times 10^{-3}$ |
| 150 | $1,30 \times 10^{-3}$ | $1,37 \times 10^{-3}$ |
| 200 | $8,79 \times 10^{-4}$ | $9,22 \times 10^{-4}$ |
| 250 | $6,56 \times 10^{-4}$ | $6,83 \times 10^{-4}$ |
| 300 | $5,20 \times 10^{-4}$ | $5,93 \times 10^{-4}$ |
| 350 | $4,27 \times 10^{-4}$ | $4,42 \times 10^{-4}$ |
| 400 | $3,61 \times 10^{-4}$ | $3,73 \times 10^{-4}$ |
| 450 | $3,12 \times 10^{-4}$ | $3,22 \times 10^{-4}$ |
| 500 | $2,73 \times 10^{-4}$ | $2,82 \times 10^{-4}$ |

Практика эксплуатации АЭС с реакторами типа ВВЭР показывает, что при работе реакторов данного типа в штатном режиме величины радиоактивных выбросов в атмосферу на несколько порядков величины меньше чем предельные допустимые выбросы. Таким образом, можно предположить, что дозы облучения населения будут еще меньше рассчитанных [8].

Структура доз облучения населения от различных радионуклидов приведена на рисунках 1-2.

Проведенный анализ показал, что наибольший вклад в дозу независимо от расстояния и срока эксплуатации энергоблока, вносит ^{131}I – 52,5-56,2 % от общего количества радионуклидов, вклад в дозу

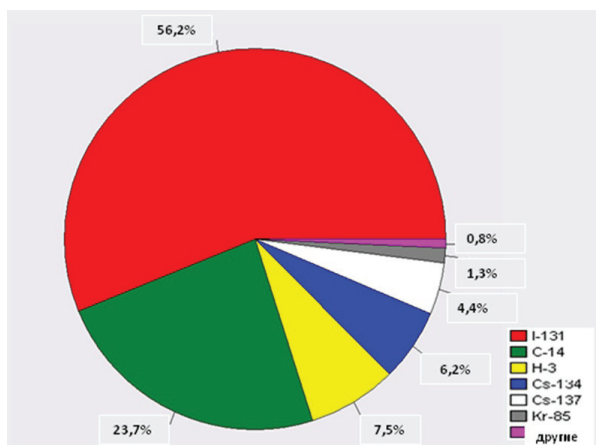


Рисунок 1 – Вклад в дозу облучения населения различных радионуклидов за 1 год работы на расстоянии 5 км от АЭС

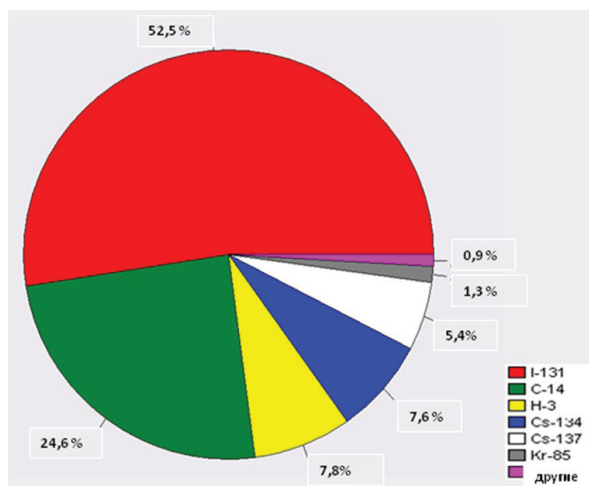


Рисунок 2 – Вклад в дозу облучения населения различных радионуклидов за 1 год работы на расстоянии 30 км от АЭС

^{137}Cs является незначительным и составляет порядка 4-5 % (рисунки 1-2).

Результаты расчетов вклада в дозу облучения населения различных путей поступления за 1-й год нормальной эксплуатации АЭС приведены графически на рисунках 3-4.

По результатам оценки доз облучения населения также установлено, что критическим путем поступления радионуклидов в организм при нормальной эксплуатации АЭС с реактором типа ВВЭР является поступление с пищевыми продуктами – 93,3-93,5 %. Наибольший вклад в дозу от перорального поступления радионуклидов составляет поступление с молочны-

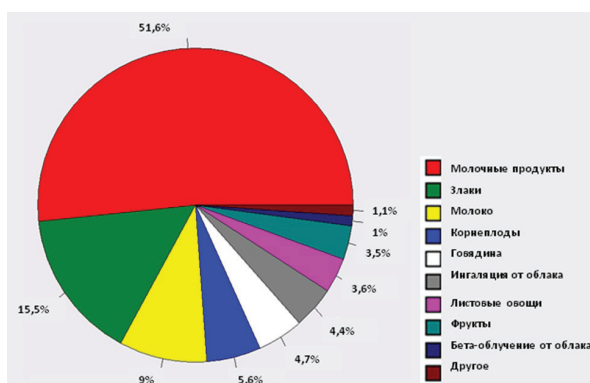


Рисунок 3 – Вклад различных путей поступления в дозу облучения населения за 1 год эксплуатации АЭС на расстоянии 5 км от станции

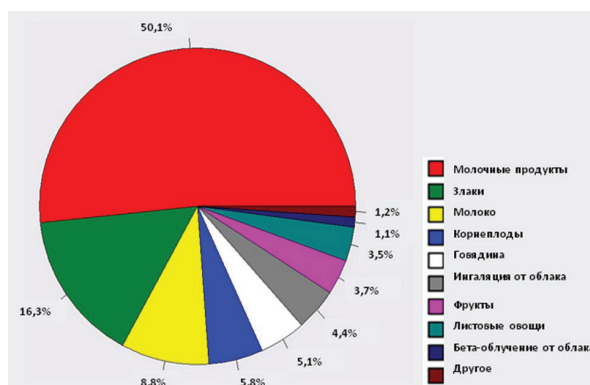


Рисунок 4 – Вклад различных путей поступления в дозу облучения населения за 1 год эксплуатации АЭС на расстоянии 30 км от станции

ми продуктами и молоком – 50,1-51,6 % и 15,5-16,3 % соответственно (рисунки 3-4).

Заключение

Результаты моделирования с помощью программного пакета PC CREAM-08 убедительно демонстрируют, что нормальной эксплуатации АЭС с реактором типа ВВЭР-1200 доза облучения населения будет пренебрежимо мала. К тому же, проведения защитных либо ограничительных мер для защиты населения в будущем не потребуется, т.к. максимальная доза облучения, как в краткосрочный, так и в долгосрочный период эксплуатации АЭС не превысит квоту на облучение населения – 100 мкЗв в год, установленную для АЭС в целях недопущения превышения предела дозы техногенного облучения населения, и не превысит основных пределов доз облучения населения, установленных национальными Нормами радиационной безо-

пасности (1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год) [3, 4].

Библиографический список

1. Safety Report Series № 19. Generic Models for Use in Assessing the impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment. – Vienna, IAEA, 2001 – 216 p.

2. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты. – Вена, МАГАТЭ, 2007 – 226 с.

3. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций»: утв. Постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь 31.03.2010 № 39. – Минск, 2010.

4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000): ГН 2.6.1.8-127-2000: утв.

Постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь 25.01.2000 г., №5. – Минск, 2000.

5. Guidance on the Assessment of Radiation Doses to Members of the Public due to the Operation of Nuclear Installations under Normal Conditions. HPA-RPD-019. / K.A. Jones [et al.] – Didcot, HPA, 2006. – 107 p.

6. Smith, J.G. The methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment used in PC-CREAM 08. HPA-RPD-058. / J.G. Smith, J.R. Simmonds – Didcot, HPA, 2009. – 295 p.

7. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115 / International Atomic Energy Agency. – Vienna: IAEA, 1996. – 353 p.

8. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Exposures of the public and workers to various sources of radiation. – Vienna, UNSCEAR, 2006. – 470 p.

V.V. Kliaus

DOSE ASSESSMENT FOR POPULATION OF BELARUS WITHIN NORMAL OPERATION OF NPP WITH PWR REACTOR

The aim of our study was dose calculation for population living at different distances of the NPP within normal operation of NPP with PWR-1200 reactor during short-term and long-term period of its operation. PC CREAM-08 code was used for calculations. In the result of the study it was found that maximum dose for public will achieve 0,414 μSv per year at the distance 1 km from the site for the first year of NPP operation, and 0,452 μSv - for 50 years period of its operation. Critical radionuclide for population exposure in case of normal operation of the NPP is I-131, critical pathway – milk products and milk consumption. It was also found that doses for population in case of normal operation of NPP with PWR-1200 reactor within the emission of radionuclides in frames of regulatory established discharge limits does not exceed dose constrain for nuclear fuel cycle facilities – 100 μSv per year and will not exceed national criteria for population exposure – 1 mSv per year, so there is no need for any restrictions or protective actions during all the period of NPP operation.

Key words: *NPP, normal operation, dose to the public*

Поступила 02.08.10