

3. Калюнов, В. Н. Возрастная физиология: пособие / В. Н. Калюнов. – Минск, БГПУ, 2006. – 248 с.

4. Савченко, Ю. И. Возрастная физиология (физиологические особенности детей и подростков) / Ю. И. Савченко, О. Г. Солдатова, С. Н. Шилов. – М., 2013. – 144 с.

5. Сапин, М. Р. Анатомия и физиология детей и подростков. учеб. пособие для студентов пед. вузов / М. Р. Сапин, З. Г. Брыксина. – М.: Изд. Центр «Академия», 2002. – 143 с.

## **РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ НА НАСЕЛЕНИЕ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Роздяловская Л. Ф., Николаенко Е. В., Сычик С. И.**

Республиканское унитарное предприятие  
«Научно-практический центр гигиены»  
г. Минск

**Актуальность.** В связи с развитием ядерно-энергетической отрасли и все более широким применением источников ионизирующего излучения в медицине и промышленности в Республике Беларусь вопросы нормативного регулирования воздействия радиационных объектов на население и окружающую среду остаются по-прежнему актуальными. При этом как в международной, так и в отечественной практике ограничение радиационного воздействия от использования источников ионизирующего излучения до пределов, не представляющих опасности для здоровья, осуществляется путём введения санитарных правил, норм, гигиенических нормативов и стандартов, а задачей радиационных гигиенистов в этой области является научное обоснование принципов и методов регламентации воздействия ионизирующих излучений на человека и среду его обитания.

**Цель** – рассмотреть внедрение в систему радиационно-гигиенического нормирования Республики Беларусь новых

международных подходов в области защиты населения от воздействия радиационных объектов

**Материал и методы исследования.** В настоящей работе использовались научно-аналитические и гигиенические методы исследования для анализа современных подходов к регламентации воздействия радиационных объектов на население и окружающую среду и обоснования внедрения новых радиационно-гигиенических требований к обеспечению безопасности источников ионизирующего излучения.

**Результаты и их обсуждение.** Радиационное воздействие объектов, использующих источники ионизирующего излучения, на население происходит в результате поступлений радиоактивных веществ в объекты окружающей среды в виде «выбросов», когда речь идет о газоаэрозольном загрязнении атмосферного воздуха, «сбросов» – если рассматривается слив радиоактивных жидкостей в поверхностные водоемы и водотоки, или миграции радионуклидов в грунтовые воды из пунктов хранения и захоронения твердых радиоактивных отходов. Основанием для пересмотра радиационно-гигиенических требований в Республике Беларусь в данной области являются международные нормы безопасности, изложенные в стандартах Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) [1], положения Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, к которой Республика Беларусь присоединилась в 2003 г. [2].

Новыми санитарными правилами учтено требование международных норм о раздельном рассмотрении ситуаций планируемого, существующего и аварийного облучения. Для каждой ситуации устанавливаются соответствующие нормативы облучения населения: для ситуации планируемого облучения – предел дозы и граничная доза, для аварийного и существующего облучения – референтные уровни.

В Санитарных нормах и правилах «Требования к радиационной безопасности» (далее – НРБ-2012) граничная доза определяется как «заблаговременно введенное ограничение индивидуальной дозы облучения от данного источника, обеспечивающее базовый уровень защиты для большинства лиц, облучаемых данным источником в повышенных дозах, и служащее для установления

верхней границы дозового диапазона, внутри которого проводится оптимизация защиты для данного источника излучения». Одновременно в НРБ-2012 используется применяемый ранее на протяжении многих лет термин «квота», определяемый как «часть предела дозы, установленная для ограничения облучения населения от конкретного техногенного источника излучения и пути облучения (внешнее, поступление с водой, пищей и воздухом)». Фактически, и то и другое – это верхняя граница доз, которые лица из населения могут получать за один год от планируемой эксплуатации любого контролируемого источника ионизирующего излучения. В дальнейшем целесообразно использовать только современный термин – граничная доза.

Граничная доза облучения населения устанавливается с целью оптимизации защиты населения от действующего или потенциального источника ионизирующего излучения в ситуации планируемого облучения. Для ограничения области оптимизации МАГАТЭ предлагает верхний предел граничной дозы в диапазоне 0,1- 0,8 мЗв в год. Нижняя граница области оптимизации риска для отдельного источника принимается равной  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup>, что соответствует годовой эффективной дозе 10 мкЗв/год. Ниже этого уровня нет необходимости дальнейшего снижения доз облучения населения и использования дополнительной радиационной защиты.

Предельно допустимые выбросы (ПДВ) и предельно допустимые сбросы (ПДС), устанавливаемые для объекта, являются производными граничных доз. Их оптимизированные численные значения должны опираться на дозы облучения населения в диапазоне между верхней и нижней границами оптимизации.

В Беларуси требованиями НРБ-2012 и Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций» (далее – СП-АЭС) определена граничная доза (квота) для строящейся Белорусской АЭС – 100 мкЗв. Это та доза облучения, которую население может получить за год в результате суммарного воздействия всех источников радиоактивных газоаэрозольных выбросов в атмосферный воздух и жидких сбросов в поверхностные воды, независимо от количества энергоблоков на промышленной площадке АЭС.

Требованиями СП-АЭС для АЭС установлены также величины годовых ПДВ и ПДС, исходя из граничной дозы 50 мкЗв/год, и значения годовых допустимых выбросов (ДВ) по основным дозообразующим радионуклидам (инертные радиоактивные газы, йод-131, кобальт-60, цезий-134 и 137) исходя из дозы облучения населения 10 мкЗв в год. Основной вклад (свыше 98%) в дозу облучения населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС с ректорами типа ВВЭР вносят инертные радиоактивные газы (аргон, криптон, ксенон),  $^{131}\text{I}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , а вклад в дозу облучения населения остальных радионуклидов, обнаруживаемых в выбросах АЭС, пренебрежимо мал.

Оценка радиологического воздействия выбросов при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС была выполнена и с учетом метеоусловий, характерных для Островецкой площадки, и проектных данных ожидаемого годового выброса радиоактивных газов и аэрозолей при нормальной эксплуатации Белорусской АЭС в атмосферу (без учета распространения факела градирен), суммарно ГБк/год: Н-3 –  $3,9 \times 10^3$ , I-131 –  $7,27 \times 10^{-2}$ , С-14 –  $3,00 \times 10^2$ , Со-60 –  $3,10 \times 10^{-5}$ , Sr-90 –  $5,96 \times 10^{-7}$ , ИРГ –  $4,59 \times 10^4$ , Cs-134 –  $2,00 \times 10^{-2}$ , Cs-137 –  $3,03 \times 10^{-2}$  и др.

По результатам проведенных собственных исследований установлено, что при нормальной эксплуатации АЭС потребление продуктов питания местного производства вносит значимый вклад (40% и более) в эффективную дозу внутреннего облучения. Незначительный вклад в дозу внешнего облучения на открытой местности вносят выпадения на поверхность, а в дозу внутреннего облучения – ингаляция. На расстоянии до 0,5 км (в пределах площадки) значительный вклад в эффективную дозу облучения вносит внешнее облучение от факела выброса (40-60%), по мере удаления от АЭС вклад дозы внутреннего облучения за счет потребления загрязненных продуктов питания в общую эффективную дозу растет и на расстоянии 10 км от станции составляет порядка 90%.

К радиационно-значимым радионуклидам, участвующим в формировании эффективной дозы облучения, относятся:  $^{14}\text{C}$  (30% и более),  $^{88}\text{Kr}$  (5-30%),  $^{135}\text{Xe}$  (не более 8%),  $^3\text{H}$  (1-3%),  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  (не более 2% каждый),  $^{131}\text{I}$  (менее 8%),  $^{133}\text{Xe}$ .

Максимальный уровень дозы облучения за счет прямых путей воздействия от излучения факела выбросов и отложений на почве (при условии 50-летнего накопления и всех путей выведения с поверхности почвы) не превышает 0,07 мкЗв в год. Основными радионуклидами, формирующими дозовую нагрузку на население по прямым путям (без учета внутреннего облучения), являются:

- от излучения факела выбросов –  $^{88}\text{Kr}$  (порядка 70%) и  $^{135}\text{Xe}$  (до 15%);
- от отложений на почве –  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  и радиоизотопы йода.

Суммарная доза облучения населения от всех факторов радиационного воздействия газоаэрозольных выбросов в рамках выбранных приближений (без учета распространения факела градиентом) двух проектируемых блоков за пределами промплощадки АЭС ни в одном из направлений не превысит граничной дозы облучения и ПДВ/ПДС и составит 0,2 мкЗв/год.

Но если для строящейся Белорусской АЭС граничная доза, ПДВ и ПДС установлены санитарными правилами, то для других радиационных объектов, таких как исследовательские лаборатории и отделения ядерной медицины, порядок установления ПДВ и ПДС до настоящего времени не определен.

В то же время существуют четкие рекомендации МАГАТЭ по регламентации сбросов/выбросов таких объектов. Рекомендуемое МАГАТЭ значение граничной дозы до 1 мЗв/год сверх дозы, полученной за год в результате облучения от природных источников излучения. Если из результатов прогнозной оценки объекта следует, что установленная граничная доза облучения населения может быть превышена, допускается устанавливать более высокие значения граничных доз и предельных допустимых сбросов/выбросов при условии, что не превышает предел дозы облучения населения: средняя годовая доза за 5-летний период – 1 мЗв и максимальная годовая доза – 5 мЗв.

Следует отметить, что к настоящему времени зарубежными специалистами проведены многочисленные расчетные и экспериментальные исследования по оценке доз облучения населения в результате сбросов радиоактивного йода из отделений радионуклидной диагностики и терапии. Было показано, что в ряде



случаев эти дозы не превышали предела доз для населения даже в случае прямого сброса жидких отходов в хозяйственно-бытовую канализацию и на основании этого в некоторых странах, например в Великобритании, начали отказываться от отстойников в онкологических клиниках.

Что касается твердых радиоактивных отходов, то принятая концепция их изоляции в совокупности с конкретными требованиями по безопасности хранения, транспортирования и захоронения отходов почти полностью исключает возможность их радиационного воздействия на население. Тем не менее, в Санитарных нормах и правилах «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения (далее – ОСП-2013) указывается граничная доза: облучение населения, обусловленное обращением с радиоактивными отходами, не должно превышать 10 мкЗв в год.

Правилами также устанавливается граничная доза 0,3 мЗв для облучения населения от объектов долговременного хранения и (или) захоронения радиоактивных отходов и прогнозная доза 20 мЗв в год в случае несанкционированного проникновения человека в законсервированный пункт захоронения радиоактивных отходов. Международные критерии для случая несанкционированного проникновения человека в пункт захоронения несколько жестче, чем в Беларуси, и указывают на необходимость оптимизации проектных решений, если при оценке их безопасности прогнозная доза облучения человека составляет от 1 до 20 мЗв [3].

В отношении существующего облучения населения рекомендации МАГАТЭ направлены на то, чтобы сделать ситуацию облучения прежде всего контролируемой, а намечаемые меры в случае отклонений от «нормальных» условий – последовательно оптимизированными. Для такой ситуации устанавливается референтный уровень дозы облучения, который служит ориентиром для разработки оптимизированных защитных мер, направленных на снижение индивидуальных доз облучения населения. При этом МАГАТЭ указывает, что конечная точка оптимизации не должна быть задана заранее, а выработанный оптимизированный уровень защиты будет зависеть от реальной ситуации. Референтные

уровни могут быть использованы в качестве репера для оценки эффективности стратегии защиты при ретроспективном анализе, когда меры защиты уже были внедрены. Для ситуации существующего облучения МАГАТЭ рекомендует референтные уровни дозы облучения репрезентативного лица в диапазоне от 1 до 20 мЗв.

**Выводы.** Система радиационно-гигиенического нормирования Республики Беларусь обеспечивает надлежащую регламентацию использования источников ионизирующего излучения и является надежным инструментом защиты населения от воздействия радиационных объектов, включая воздействие строящейся Белорусской АЭС. При разработке гигиенических нормативов, а также при оценке безопасности новых проектных решений с использованием источников ионизирующего излучения должны приниматься во внимание вышеизложенные международные подходы к регулированию радиоактивных выбросов сбросов от исследовательских и медицинских учреждений, а также критерии защищенности населения в ситуации существующего облучения и при обращении с радиоактивными отходами, рекомендуемые МАГАТЭ.

#### **Литература:**

1. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности: Серия норм МАГАТЭ по безопасности № GSR, Part 3. – Вена: МАГАТЭ, 2015 г.
2. Пятый национальный доклад Республики Беларусь о выполнении Объединённой конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами: Обзорное Совещание Договаривающихся сторон. – Вена, Австрия. – 11-22 мая 2015 г.
3. Захоронение радиоактивных отходов: Серия норм МАГАТЭ по безопасности № SSR-5. - Вена: МАГАТЭ, 2011 г.
4. Кляус, В. В. Радиационно-гигиеническое обоснование размера санитарно-защитной зоны вокруг Белорусской АЭС / В. В. Кляус, Е. В. Николаенко // Научно-практический рецензируемый журнал «Медико-биологические проблемы жизнедеятельности» / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ» ; под общ. ред. А. В. Рожко. – Гомель : ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», 2016. – С. 124-130.