

В.Ф. Демин¹, А.А. Голосная¹, С.А. Королев², В.П. Кузнецов¹, В.И. Макаров¹, В.М. Шмелев¹

АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И СТРАХОВАНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЯДЕРНЫЕ РИСКИ ОТ АЭС МАЛОЙ МОЩНОСТИ

1. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия. E-mail: vfdemin_kiae@mail.ru;
2. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

В.Ф. Демин – в.н.с., д.т.н., к.ф.-м.н., доцент; А.А. Голосная – н.с.; С.А. Королев – аспирант; В.П. Кузнецов – начальник оперативного управления; В.И. Макаров – зам. начальника отдела; В.М. Шмелев – советник руководителя, д.т.н.

Реферат

Цель: Исследование возможности достижения гарантированной безопасности для окружающей среды и населения во всех режимах работы атомных электростанций малой мощности (АСММ) и обеспечения реального страхования гражданской ответственности за ядерные риски при приемлемых финансовых затратах.

Материал и методы: Растущее внимание к АСММ обусловлено необходимостью развития регионов, локальных социумов и производств, не охваченных централизованным транспортным и энергетическим обеспечением. Рассмотрены особенности и преимущества энергопроизводства на АСММ, включая: возможность размещения в отдаленных регионах; короткий период создания (производства) и модульная структура АСММ; наличие потенциала для повышения безопасности и надежности; уменьшение размеров санитарно-защитной зоны вплоть до границ технологической площадки; реальность страхования (полная финансовая ответственность оператора) ущерба третьим лицам от аварии на АСММ при приемлемых финансовых затратах; индустриальное серийное производство; возможность перемещения атомных станций с малыми модульными реакторами в готовом виде и др. Выполнен сравнительный анализ технических характеристик АСММ и АЭС большой мощности с позиции обеспечения безопасности.

Результаты: Приведены результаты анализа безопасности АСММ, выполненного по материалам проектной документации плавучего энергоблока «Академик Ломоносов», с особым вниманием к оценке последствий проектных и запроектных аварий, в части вероятностного анализа безопасности и оценки максимально возможного ущерба для третьих лиц. Максимально возможный ущерб для третьих лиц от тяжелых аварий оценен равным порядка 0,5 млрд руб., что в сотни раз меньше ущерба от катастрофической аварии на современных крупных АЭС. Оценены затраты на страхование ущерба третьим лицам от аварии на АСММ не превысят 1 коп/кВт·ч. Рассмотрены возможные подходы к страхованию гражданской ответственности за ядерные риски и аспекты правового обеспечения.

Выводы: Результаты анализа позволяют сделать вывод о возможности обеспечить в будущем достижение практически гарантированной безопасности АСММ для окружающей среды и населения в штатном режиме работы и при возможных проектных и запроектных авариях, а также реальное страхование гражданской ответственности за ядерные риски от АСММ при приемлемых финансовых затратах.

Ключевые слова: атомная электростанция, малая мощность, транспортабельная установка, безопасность, авария, ядерный ущерб, страхование

Поступила: 12.08.2019. Принята к публикации: 09.10.2019

Введение

Интерес к развитию атомной энергетики на основе атомных электростанций малой мощности (АСММ) постоянно растет в рамках деятельности национальных и международных организаций. В международной программе ИНПРО в МАГАТЭ по энергообеспечению устойчивого развития человечества на основе инновационной атомной энергетики рассматриваются вопросы правового и институционального обеспечения международных жизненных циклов малой атомной энергетики [1–4].

Растущее внимание к АСММ обусловлено необходимостью развития регионов, локальных социумов и производств, не охваченных централизованным транспортным и энергетическим обеспечением. Актуальны АСММ для Арктики и Арктического шельфа, для отдаленных северо-восточных территорий Российской Федерации [4, 5]. Именно в одно из таких мест, в г. Певек на Чукотке, осенью 2019 г. морским путем доставлен готовый плавучий энергоблок (ПЭБ) «Академик Ломоносов», см. рис. 1.

Рассматривается возможность и целесообразность размещения АСММ и в других регионах России. На международных форумах в МАГАТЭ представители ряда стран Африки и Азии указывают на потребность их стран именно в АСММ, а не в АЭС большой мощно-

сти. В докладе [5] доступный мировой рынок АСММ до 2040 г. оценен в 23 ГВт(эл.) при общих затратах около 130 млрд долл. США на развертывание АСММ.

Кроме России, работы в рамках НИР и ОКР по тематике АСММ проводятся в Китае, США, Франции и в других странах.

В России накоплен огромный опыт реализации жизненных циклов от проектирования до утилизации судовых атомных энергетических установок малой мощности. В российской судовой атомной энер-



Рис. 1. Плавучий энергоблок «Академик Ломоносов» в проливе между Данией и Швецией при его транспортировке из С.-Петербурга в Мурманск

гетике накопленный интегральный опыт составляет более 6,5 тыс. реакторо-лет, что эквивалентно половине опыта мировой атомной энергетики. Этот опыт в значительной степени отразился сегодня в проекте плавучей атомной станции на основе ПЭБ «Академик Ломоносов» [6, 7].

Настоящая статья посвящена рассмотрению вопросов развития качества безопасности в проектной линейке реакторных установок КЛТ-40 – РИТМ и обеспечения реального страхования гражданской ответственности за ядерные риски для АСММ при приемлемых финансовых затратах. В этом рассмотрении авторы в значительной степени основываются на материалах отечественного проекта плавучей АСММ на основе ПЭБ «Академик Ломоносов» с реактором КЛТ-40С, и материалах по сухопутной АСММ с реактором РИТМ-200 [4, 8, 9].

Гражданская ответственность за ядерные риски включает только ответственность за ущерб «третьим лицам». Ущерб, связанный с потерей оборудования и затратами на проведение защитных и восстановительных мероприятий после аварии на площадке АСММ, здесь не рассматривается.

Материал и методы

Особенности и преимущества энергопроизводства на атомных станциях малой мощности

На национальных и международных форумах по развитию малой атомной энергетики в той или иной форме и полноте отмечались и анализировались особенности и преимущества энергопроизводства на АСММ:

- возможность размещения в отдаленных регионах,
- короткий период создания (производства) и модульная структура АСММ,
- наличие потенциала для повышения безопасности и надежности (более эффективная работа пассивных средств безопасности, минимизация логистической компоненты в жизненном цикле АСММ и др.),
- сравнительно большая простота конструкции,
- пригодность для неэлектрического применения (производство тепла, опреснение воды и др.) и для замены устаревающих станций на ископаемом топливе; практическое отсутствие выбросов парниковых газов,
- большая гибкость при выборе места размещения,
- возможность гибкого удовлетворения растущей локальной потребности в энергии строительством дополнительных модулей,
- уменьшение размеров санитарно-защитной зоны вплоть до границ технологической площадки,
- более низкие капитальные затраты на создание АСММ,
- облегченная схема финансирования,
- поддержка режима нераспространения ядерного оружия при широком использовании АСММ в ядерных странах с опломбированными на заводах-

изготовителях крышками реакторов без загрузки и перегрузки ядерного топлива на площадках размещения,

- реальность страхования (полная финансовая ответственность оператора) ущерба третьим лицам от аварии на АСММ при приемлемых финансовых затратах,
- возможность мультимодульного размещения на одной площадке,
- индустриальное серийное производство,
- возможность перемещения атомных станций с малыми модульными реакторами в готовом виде, и др.

Сравнительный анализ технических характеристик АСММ и АЭС большой мощности с позиции обеспечения безопасности

При сравнении возможного ущерба от АСММ и АЭС большой мощности отмечаются важные различия:

Мощность. Тепловая мощность типового блока АЭС составляет около 3000 МВт, а тепловая мощность АСММ будет на порядок меньше. Следовательно, остаточное тепловыделение после срабатывания аварийной защиты (АЗ) в случае аварии на АСММ будет тоже соответственно меньше. Это снижает остроту проблемы теплосъема после аварийной остановки реактора.

Обогащение топлива. Реакторные блоки крупных АЭС имеют обогащение урана в пределах 3–5 %, в то время как АСММ используют топливо с обогащением в 15–20 %. В связи с этим в ядерном топливе АСММ накапливается меньше изотопов плутония и трансплутониевых актинидов, чем в АЭС большой мощности.

Количество уранового топлива в активных зонах. В крупных АЭС количество урана в активной зоне составляет более 100 тонн, в то время как в АСММ оно порядка одной тонны. Обеспечивать аварийное охлаждение реакторов АСММ проще и надежнее, чем крупных реакторов.

Содержание радиоактивных продуктов в активных зонах. Полное содержание радиоактивных продуктов в активных зонах АСММ меньше на 1–2 порядка, чем в крупных реакторах, и выбросы радиоактивности при любой радиационной аварии будут намного меньше, чем в случае разрушения реакторов на АЭС большой мощности.

Конструкция и проектные решения на АСММ. Кроме отмеченных выше фундаментальных различий имеются конструктивные особенности, которые облегчают противодействие нештатным ситуациям на АСММ, по сравнению с крупными АЭС:

- малые габариты оборудования делают более доступными все системы АСММ для обследования в нормальных, нештатных и аварийных ситуациях;
- меньшее количество материалов теплоносителя, необходимых для предотвращения аварий или для уменьшения их последствий;
- небольшая мощность остаточного тепловыделения, по сравнению с условиями на блоках реакторов больших АЭС;

- возможность более эффективного использования пассивных свойств безопасности;
- в плавучих АСММ присутствует помимо обычного первичного контейнента дополнительное защитное ограждение в виде прочноплотных стенок отсека;
- относительно небольшое остаточное тепловыделение в малых реакторах позволяет предусмотреть достаточные запасы воды для пассивного расхолаживания активной зоны реактора в течение длительного времени для предотвращения разрушения активной зоны;
- при расплавлении активной зоны небольшой объем расплава и относительно невысокое остаточное тепловыделение определяют относительно низкие тепловые потоки от расплава на днище корпуса реактора, что позволяет успешно решить задачу предотвращения разрушения корпуса реактора и удержания расплава внутри корпуса реактора при охлаждении его снаружи путем заполнения кессона реактора водой в аварийных условиях.

Удержание расплавленной активной зоны внутри корпуса реактора и ее охлаждение до затвердевания позволяет уменьшить последствия запроектных аварий.

При снятии АСММ с эксплуатации требуется минимальный объем работ по приведению территории (акватории) в готовность к дальнейшему использованию или реабилитации.

Результаты анализа безопасности АСММ

Анализ безопасности проведен по материалам анализа безопасности в проектной документации ПЭБ «Академик Ломоносов», с особым вниманием к оценке последствий проектных и запроектных аварий [6, 7].

Результаты вероятностного анализа безопасности

В соответствии с регулирующими документами по обеспечению безопасности атомных станций в рамках подготовки отчета об обосновании безопасности должен быть проведен вероятностный анализ безопасности (ВАБ). Общими целями ВАБ являются:

- оценка уровня безопасности энергоблока;
- поддержка разработки рекомендаций по совершенствованию технических решений и организационных мер по обеспечению безопасности.

Российский регулирующий документ НП-022-17 по безопасности плавсредств с ядерными реакторами [10] задает следующие ориентиры обеспечения безопасности в показателях ВАБ:

- непревышение суммарной вероятности тяжелых аварий для одной реакторной установки (РУ) на интервале в один год, равной 10^{-5} ;
- непревышение суммарной вероятности большого аварийного выброса для одной РУ на интервале в один год, равной 10^{-7} ;
- для запроектных аварий на плавучих АС, независимо от их вероятности, должны быть разработаны

организационные меры по управлению такими запроектными авариями, включая меры по снижению радиационного воздействия на персонал судна и специальный персонал, население и окружающую среду.

Результаты выполненного ВАБ показали, что для энергоблока ПАТЭС на базе РУ КЛТ-40С вероятность тяжелого повреждения активной зоны для внутренних исходных событий при работе реактора на мощности составляет $\sim 4,5 \times 10^{-8}$ на реактор в год [7]. Несомненно, что вероятность запроектных аварий еще меньше. Эти результаты свидетельствуют о том, что требования документа НП-022-17 с запасом удовлетворяются.

Оценка максимально возможного ущерба для третьих лиц

Оценка основана, главным образом, на Техническом отчете по обоснованию безопасности ядерной энергетической установки ПЭБ «Академик Ломоносов» [6]. Некоторые предварительные оценки возможного ущерба выполнены в работе [11].

Для АСММ в силу их конструкционных и эксплуатационных характеристик и особенностей реально может быть обеспечен такой высокий уровень безопасности при любых возможных аварийных ситуациях, включая запроектные аварии, что

- как по масштабу возможного ущерба от аварий, так и по его структуре АСММ принципиально отличается от современных крупных АЭС;
- обеспечивается физическая сохранность, по крайней мере, двух последних барьеров безопасности;
- достигается практически полный контроль над ядерными материалами и радиоактивными отходами;
- возможные незначительные радиоактивные газо-эрозольные выбросы через систему вентиляции не могут привести к дозам облучения отдельных лиц из населения при самых тяжелых запроектных авариях выше установленных норм безопасности.

Ниже приведены результаты экспертной оценки отдельных составляющих возможного ущерба от аварий на АСММ в российских условиях с учетом описанных выше особенностей плавучей АСММ. Более точная оценка возможного ущерба может быть осуществлена при описании конкретного места расположения АСММ.

Ущерб здоровью населения. Система безопасности АСММ позволяет даже при запроектных и, тем более, при проектных авариях не допустить высокие дозы облучения отдельных лиц из населения, т.е. выше предельно допустимых доз. Поэтому в управлении послеаварийными мероприятиями не потребуются таких мер защиты как переселение и жесткие меры ограничения жизнедеятельности. Тем не менее, возможно проявление беспокойства некоторой части населения относительно состояния здоровья и появление требований по компенсации ущерба здоровью. Реально они носят социально-психологический характер, не связанный с облучением малыми дозами. В этих условиях

потребуется некоторые расходы на разъяснительную работу, на дополнительные меры медицинского обслуживания. Экспертная оценка ущерба этой компоненты ущерба от возможной запроектной аварии составляет величину порядка 50–150 млн руб.

Ущерб для имущества юридических и физических лиц. Ущерб этого плана будет определяться, прежде всего, внезапным прекращением подачи электроэнергии и тепла потребителям. Кроме того, возможна на некоторое время потеря качества местной продукции, связанная с опасениями психологического порядка. Экспертная оценка этой составляющей ущерба: ~ 50–100 млн руб.

Ущерб от внезапного отключения источника энергии. Этот ущерб оценивается в 10 – 100 млн руб. Он зависит от местных условий.

Ущерб для сельского хозяйства и рыболовства. Этот ущерб зависит от места и территории расположения АСММ. Возможны некоторые ограничения сельскохозяйственной деятельности и проблемы с продажей продукции, связанные с опасениями психологического порядка. Экспертная оценка: ~ 20–100 млн руб.

Затраты на дополнительные меры радиационного мониторинга. Дополнительный мониторинг может оказаться полезным или даже необходимым для подтверждения незначительных уровней радиоактивного загрязнения в результате аварийных радиоактивных выбросов АСММ. Его основная цель – информирование местного населения и администрации об отсутствии опасных уровней радиоактивного загрязнения окружающей среды. Оценка этой компоненты затрат: примерно 10–100 млн руб.

Оценка суммарного ущерба. Суммирование всех составляющих ущерба, приведенных выше, дает следующую величину максимального полного ущерба: □ 500 млн руб. Это в сотни раз меньше ущерба от катастрофической аварии на современных крупных АЭС.

Представляется, что на величину тарифной ставки при ядерном страховании конкретной АСММ будут влиять в сторону ее понижения описанные выше меры обеспечения безопасности при возможной аварии. Может действовать и повышающий фактор – отсутствие у страховщиков опыта страхования АСММ и отсутствие в мире их аналогов.

Страхование гражданской ответственности за ядерный ущерб

Особенности ущерба от ядерной аварии (большая величина возможного ущерба, которую трудно предсказать заранее, очень малая вероятность аварии и др.) порождают свои специфические проблемы страхования гражданской ответственности за ядерный ущерб и выделяет страхование гражданской ответственности за ядерный ущерб в отдельный вид страхования – ядерное страхование [12, 13].

Очень малая вероятность тяжелой ядерной аварии (менее 10^{-5} /год) создает принципиальную трудность в разработке научно обоснованной системы ядерного страхования. Согласно общим правилам безопасно-

сти НП-001-15 [14], вероятность тяжелой запроектной аварии с выбросом значительного количества радиоактивных веществ и выходом из строя аварийного блока не должна превышать величины 10^{-7} /год.

При таких малых вероятностях и небольшом количестве страхуемых объектов математическое ожидание (МО) ущерба от аварии в год, равное произведению полного ущерба от аварии Z на временную плотность вероятности w (размерность $[\text{год}^{-1}]$) $\text{МО} = \sum_i Z_i \times w_i$ (сумма по возможным тяжелым авариям), не может быть положено в основу расчета страховой премии из-за очень малой статистической мощности на ограниченном интервале времени.

В таких условиях система страхования формируется с учетом требований законодательства на основе согласования интересов страховщика и страхователя и экспертных заключений с использованием имеющихся данных о безопасности объекта и при участии контролирующих государственных органов.

Обязательная ответственность за ядерный ущерб оператора ядерной установки может быть обеспечена одним из следующих вариантов:

- 1) страхованием возможного ущерба от ядерной аварии в страховых компаниях,
- 2) страхованием в обществе взаимного страхования (ОВС), создаваемым операторами ядерных установок,
- 3) комбинацией коммерческого страхования и страхованием в ОВС.

Особенности ответственности за ядерный ущерб оператора ядерной установки привели к созданию пулинговой формы ядерного страхования – страхование через объединение страховщиков как ядерные страховые пулы. В настоящее время существует 26 национальных ядерных страховых пулов, включая Российский ядерный страховой пул (РЯСП) [14].

Расширение страхового пула и заключение межпульных соглашений (создание мегапула) позволяет, с одной стороны, увеличивать предел страховой ответственности, с другой стороны, служит некоторым косвенным движением в сторону увеличения статистической мощности.

Различия между первым и вторым вариантами страхования заключаются в следующем:

- Акционерные страховые компании имеют коммерческий характер и преследуют цель получения прибыли от своей деятельности. ОВС не является коммерческой организацией. Прибыль, получаемая ОВС, может быть направлена на пополнение страхового фонда.
- Член ОВС одновременно является и страхователем (индивидуально) и страховщиком (коллективно). ОВС формируется только из страхователей – участников общества.

Возможность организации ОВС в России предусмотрена статьей 7 Закона РФ «Об организации страхового дела в Российской Федерации» и Федеральным законом «О взаимном страховании». Однако в России

ОВС в области страхования гражданской ответственности за ядерный ущерб в настоящее время не создано.

Преимущества страхования в ОВС перед коммерческим страхованием состоят в следующем:

а) условия страхования в ОВС могут более адекватно отражать принципы ответственности операторов за ядерный ущерб, так как условия страхования формулируются самими страхователями;

б) общество может установить страховые тарифные ставки ниже, чем в коммерческом страховании, исходя из собственных оценок страхуемого риска и меньших расходов на ведение дела;

в) общество может страховать риски, которые для коммерческого страхования являются нестрахуемыми;

г) страховые взносы, уплачиваемые страхователем, не теряются для страхователя, а идут на увеличение страховой емкости ОВС.

В настоящее время в Российской Федерации в соответствии с российским законодательством и ратифицированной в 2005 г. Венской конвенцией 1963 г.:

- 1) ответственность за ядерный ущерб несет оператор АЭС;
- 2) минимальная сумма финансового обеспечения ответственности составляет 12,3 млрд руб. (начало 2019 г.);
- 3) превышение ущерба при ядерной аварии над пределом ответственности по осуществленному страхованию покрывает государство.

Тарифная ставка на один блок (доля в процентах от предела ответственности оператора за ущерб) устанавливается согласованием между РЯСП и Концерном «Росэнергоатом». Начиная с 2000 г., когда она была установлена равной 0,58 %, ее величина менялась в сторону уменьшения и на конец 2018 г. в среднем равнялась 0,155 % [14].

Если исходить из этой величины, годовойработки электроэнергии на блоке АСММ электрической мощностью порядка 50 МВт(эл.) с коэффициентом использования установленной мощности 90 % и величины страхуемого суммарного ущерба от аварии в 500 млн руб., то нетрудно получить, что затраты на страхование ущерба третьим лицам от аварии на АСММ составят примерно 0,2 коп/кВт×ч.

Отметим, что ущерб от тяжелой аварии в результате потери ядерного реактора и другого оборудования, затрат на ликвидацию последствий аварии на площадке АСММ на порядки величин больше. Он здесь не рассматривается.

Новые проектные разработки, повышающие уровень безопасности АСММ

Осуществляются новые проектные разработки по реакторам малой мощности, в которых предусматриваются дополнительные конструкционные решения, повышающие безопасность АСММ. Например, реактор РИТМ-200, предназначенный для универсального атомного ледокола, вводимого в ближайшее время в эксплуатацию, может быть использован с дополнительными конструктивными изменениями как для наземной, так и плавучей АСММ.

Отметим следующие проектные решения, реализуемые в реакторе РИТМ-200 для АСММ [4, 8, 9] (см. рис. 2 и 3):

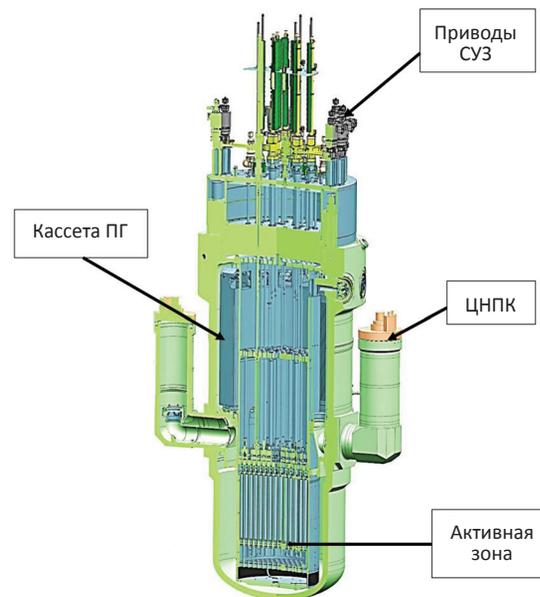
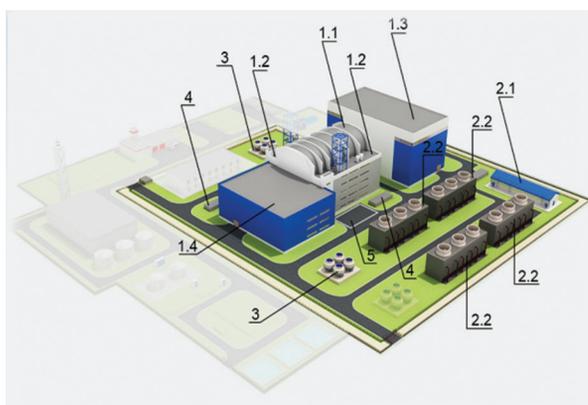


Рис. 2. Реакторная установка РИТМ-200 для АСММ (из доклада [9]); ПГ: парогенератор; ЦНПК: центробежный насос первого контура; СУЗ: система управления и защиты



Участок выдачи мощности (неизменяемая часть, с возможностью масштабирования до 300 МВт):

- 1 Главный корпус в составе:
 - 1.1 Реакторное отделение
 - 1.2 Блок инженерных систем (2 шт.)
 - 1.3 Турбинное отделение
 - 1.4 Спецкорпус
- 2 Комплекс охлаждения циркуляционной воды в составе:
 - 2.1 Насосная станция технического водоснабжения
 - 2.2 Вентиляторная градирня (4 шт.)
 - 2.3 Турбинная градирня (4 шт.)
- 3 Градирня ответственных потребителей (2 шт.)
- 4 Аварийный дизель-генератор (2 шт.)
- 5 Площадка временного хранения ТУК с ОЯТ

Рис. 3. АСММ на базе реакторной установки РИТМ-200. Генеральный план площадки. Участки и комплексы (из доклада [8])

- интегральная компоновка реакторной установки (РУ): активная зона и парогенератор размещены в едином прочном корпусе;
- компактность РУ интегрального типа (масса в 1,7 раз, площадь РУ в защитной оболочке в 2,6 меньше аналогичных показателей РУ КЛТ-40С);
- меньшее гидравлическое сопротивление первого контура вследствие использования интегральной компоновки, что способствует повышению уровня естественной циркуляции теплоносителя;
- обогащение урана до 20 %;
- меньшая энергонапряженность активной зоны;
- увеличенная в 2–3,5 раза по сравнению с КЛТ-40С кампания активной зоны;
- высокий уровень безопасности: санитарно-защитная зона не выходит за пределы промплощадки;
- вероятность тяжелых аварий не превышает 10^{-6} на реактор в 1 год;
- высокая маневренность РУ (как и у всех судовых установок);
- готовая система обращения с отработанным ядерным топливом (ОЯТ) (на базе системы обращения с ОЯТ атомных ледоколов и других судов);
- существенное снижение количества радиоактивных отходов и др.

При разработке проекта плавучей АС ММ с реактором РИТМ-200М предполагается обеспечить отсутствие хранилища с ОЯТ и перегрузки топлива на борту. Перегрузку топлива планируется осуществлять только на специализированном заводе после завершения кампании продолжительностью 8 – 10 лет [15].

Заключение

Опыт эксплуатации реакторов малой мощности на атомных ледоколах, технический проект ПЭБ «Академик Ломоносов», включая отчет по обоснованию безопасности, завершение строительства ПЭБ «Академик Ломоносов», развитие промышленности по производству оборудования для судовых ядерных реакторов малой мощности, новые проектные разработки по АСММ позволяют сделать вывод о возможности обеспечить в будущем:

- достижение практически гарантированной безопасности АСММ для окружающей среды и населения в штатном режиме работы и при возможных проектных и запроектных авариях, понимая под этим неразрушение корпуса реактора при потере принудительного охлаждения и обеспечение физической

сохранности, по крайней мере, двух последних барьеров безопасности;

- реальное страхование гражданской ответственности за ядерные риски от АСММ при приемлемых финансовых затратах.

Новые проектные разработки по реакторам малой мощности предусматривают дополнительные конструктивные решения, повышающие безопасность АСММ. Есть основания полагать, что имеющийся опыт и новые дополнительные проектные разработки, направленные на повышение безопасности АСММ, делают реальным для атомной энергетики с реакторами малой мощности достижение гарантированной безопасности для окружающей среды и населения.

Высокий уровень безопасности АСММ для населения и окружающей среды при любых аварийных ситуациях, и намного меньший возможный ущерб от аварий по сравнению с ущербом от аварий на крупных АЭС, принципиально меняет картину ядерного страхования. В рамках существующих подходов к ядерному страхованию может быть реально обеспечена полная финансовая ответственность оператора за возможный ущерб третьим лицам от аварии на АСММ при приемлемых финансовых затратах на ядерное страхование. Ввиду очевидной финансовой выгоды для оператора ядерного страхования через ОВС рекомендуется создать ОВС для АСММ и ядерное страхование осуществлять через ОВС.

Можно думать, что накапливаемый опыт проектирования и эксплуатации реакторов для АСММ со временем может привести к изменению структуры атомной энергетики в сторону более широкого использования АСММ в общем объеме производства энергии на атомных станциях. Одним из главных факторов, влияющих на такое изменение, является описанное выше качество высокой безопасности АСММ, исключая возможность аварий с катастрофическими последствиями для окружающей среды и населения.

Рекомендуется инициировать разработку и принятие поправок к национальному законодательству и международным конвенциям относительно более низкого минимального предела ответственности оператора за ядерный ущерб в отношении АСММ.

Для цитирования: Демин В.Ф., Голосная А.А., Королев С.А., Кузнецов В.П., Макаров В.И., Шмелев В.М. Аспекты обеспечения безопасности и страхования гражданской ответственности за ядерные риски от атомных станций малой мощности // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2019. Т. 64. № 6. С. 31–36

DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-31-36

Issues of Safety and Civil Liability Insurance for Nuclear Damage from Small Nuclear Power Plants**V.F. Demin¹, A.A. Golosnaya¹, S.A. Korolev², V.P. Kuznetsov¹, V.I. Makarov¹, V.M. Shmelev¹**

1. National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia. E-mail: vfdemin_kiae@mail.ru;

2. National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow, Russia

V.F. Demin – Leading Researcher, Dr. Sci. Tech., PhD Phys.-Mathem., Assoc. Prof.; A.A. Golosnaya – Researcher;

S.A. Korolev – Post Graduate Student; V.P. Kuznetsov – Head of Operation Management; V.I. Makarov – Deputy Head of Dep.;

V.M. Shmelev – Advisor to the Head, Dr. Sci. Tech.

Abstract

Purpose: To study the possibility of achieving assured safety for the environment and public in all modes of operation of small nuclear power plants (SNPP) and providing real civil liability insurance for nuclear risks at reasonable financial costs.

Material and methods: Particular attention on small nuclear power plants is driven by regional development, local communities and productions, which are not covered by centralized transport and energy supply. The peculiar properties and benefits of energy production at SNPP are considered, including: the possibility of locating in remote regions; the short construction period and the modular structure of SNPP; availability of potential to improve safety and reliability; reducing the size of the sanitary protection zone up to the boundaries of the technological site; the reality of liability insurance (full financial responsibility of the operator) for nuclear damage to third parties caused by an accident at SNPP at reasonable financial costs; industrial serial production; ability to move the entire nuclear power plants with small modular reactors in the assembled form, etc.

A comparative analysis of the technical characteristics of the SNPP and a conventional nuclear power plant from a safety perspective is made.

Results: The results of the SNPP safety analysis performed on the basis of the design documentation of the floating nuclear power plant “Akademik Lomonosov” is presented, with particular attention to assessing the consequences of design and beyond design basis accidents, in terms of probabilistic safety analysis and assessment of the maximum possible damage to third parties. The maximum possible damage to third parties from severe accidents is estimated to be about 0.5 billion RUR, which is hundreds of times less than damage from a catastrophic accident at a conventional NPP. Estimated costs for insurance of damage to third parties from an accident at SNPP will not exceed 1 kopeck/kWh. Possible approaches to civil liability insurance for nuclear risks and aspects of legal support are considered.

Conclusions: The results of the analysis allow to conclude that it is possible to provide in the future: the achievement of practically assured safety of the SNPP for the environment and the public in normal operation and possible design and beyond design basis accidents; real civil liability insurance for nuclear risks of SNPP at reasonable financial costs.

Keywords: nuclear power plant, low power, transportable installation, safety, accident, nuclear damage, insurance

Article received: 12.08.2019. Accepted for publication: 09.10.2019

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Международный проект ИНПРО. Задача «Правовое и институциональное обеспечение атомной энергетики на основе транспортабельных атомных энергетических установок». Выпуск 1. Брошюра РНЦ «Курчатовский институт». – М. 2009.
- Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. IAEA, 2014, 137 p.
- IAEA report “Legal and Institutional Issues of Transportable Nuclear Power Plants. A Preliminary Study”, 2013, № NG-T-3.5.
- Сборник материалов и результатов исследования вопросов правового и институционального обеспечения транспортабельной атомной энергетики. – М.: Изд. НИЦ «Курчатовский институт». 2016.
- Сиразетдинов О.В. Оценка основных аспектов конкурентоспособности АСММ с РУ РИТМ-200 на российском и зарубежном рынках. Доклад на совместном заседании НТС № 1 Госкорпорации «Росатом» и НТС АО «Концерн Росэнергоатом», 14.11.2018; «Росатом», 2018.
- Технический отчет по обоснованию безопасности ядерной энергетической установки плавучего энергоблока проекта 20870. ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «ЦКБ Айсберг», ЗАО «Атомэнерго», ОАО «ОКБМ Африкантов». 2011. 399 с.
- Технический отчет «Вероятностный анализ безопасности первого уровня энергоблока ПАТЭС на базе РУ КЛТ-40С», ОАО «ОКБМ Африкантов». 2012.
- Синюшин Д.К. Обликовый проект АСММ на базе реакторной установки РИТМ-200. Доклад на совместном заседании НТС № 1 Госкорпорации «Росатом» и НТС АО «Концерн Росэнергоатом», 14.11.2018; АО «ГСПИ», 2018.
- Петрунин В.В. Реакторная установка РИТМ-200 для АСММ. Основные проектные положения и показатели. Доклад на совместном заседании НТС № 1 Госкорпорации «Росатом» и НТС АО «Концерн Росэнергоатом», 14.11.2018; ОКБМ, Атомэнергомаш, 2018.
- Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности судов и других плавсредств с ядерными реакторами» (НП-022-17), Ростехнадзор. 2017, 28 с.
- Кузнецов В.П., Демин В.Ф., Макаров В.И., Шмелев В.М. Вопросы страхования гражданской ответственности за ядерные риски от атомных станций с реакторами малой мощности. В сб. «Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики». Т. 2. Под ред. А.А. Саркисова. – М. ИБРАЭ РАН. 2015. С. 322–333.
- Амелина М.Е., Иойрыш А.И., Молчанов А.С. Страхование гражданской ответственности за ядерный ущерб. – М. Издат, 2000, 151 с.
- Российский ядерный страховой пул. 20 лет. РЯСП. – 2018, 159 с.
- Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (НП-001-15). Ростехнадзор. 2015, 36 с.
- Demin V.F., Kuznetsov V.P. Issues of Insurance of Civil Liability for Nuclear Damage from Nuclear Low Power Plants. In Proceedings of the ASME 2014 Small Modular Reactors Symposium SMR2014, April 15-17, 2014, Washington, D.C. USA; SMR2014-3348.

For citation: Demin VF, Golosnaya AA, Korolev SA, Kuznetsov VP, Makarov VI, Shmelev VM. Issues of safety and insurance of civil liability for nuclear damage from nuclear low power plants. Medical Radiology and Radiation Safety. 2019;64(6):31-6. (In English, In Russian)

DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-31-36