



## РЕНЕССАНС АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОБЛЕМЫ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ: НЕОБХОДИМОСТЬ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Главному редактору:

*Индекс Безопасности* посвятил целый номер (№ 2 (85), Лето 2008) вопросам *ренессанса* атомной энергетики. Это – важнейшая тема сегодня и для России, и для международного развития.

Один из нас уже имел возможность высказать некоторые свои соображения в ходе круглого стола, результаты которого были опубликованы в указанном номере<sup>1</sup>. И, тем не менее, как видно по прочтении *атомного* номера *Индекса Безопасности*, целый ряд вопросов развития атомной энергетики в мире, критически важных с точки зрения международной безопасности и, в частности, режима нераспространения ядерного оружия, оказался недостаточно освещенным.

Убеждены, что в связи с ожидаемым *ренессансом* атомной энергетики актуальным становится развитие **нового подхода** к решению проблемы нераспространения.

Для смягчения энергетической напряженности необходимы кардинальные изменения в объемах использования ядерных мощностей. Должны произойти существенные изменения роли и места атомной энергетики в энергетическом балансе многих стран мира. Достаточно сказать, что, по нашим оценкам, к середине XXI в. общий мировой объем действующих ядерных мощностей увеличится более чем в пять раз.

В дискуссии на страницах журнала мы уже отмечали, что такие изменения в развивающейся атомной энергетике могут привести к большей доступности ядерных материалов и повышению риска распространения ядерных технологий и материалов и, в конечном счете, ядерного оружия. Для предотвращения этого необходимо разработать новые подходы и внедрить дополнительные меры, обеспечивающие, по крайней мере, сохранение риска на его нынешнем уровне. Очевидно, что эти меры необходимо разрабатывать и применять во всех сферах, обеспечивающих режим нераспространения: **политической, институциональной, технической.**

Наиболее сложной для предсказания появления возможных изменений и выработки оптимальных предложений по решениям представляется политическая сфера. Кажется вполне убедительным, что на современном этапе никакие институциональные и технические меры (за исключением, быть может, военных), принимаемые на международном уровне, не могут предотвратить создание ядерного оружия более или менее развитым отдельным государством, если это государство приняло соответствующее политическое решение. При этом даже отсутствие атомной энергетики в таком государстве не может быть гарантией от риска ядерного распространения. В настоящее время с уверенностью можно утверждать только, что снятие политических мотиваций отдельных стран к обладанию ядерным оружием является эффективным средством предот-



вращения горизонтального распространения ядерного оружия, т.е. ограничения числа стран, обладающих таким оружием.

Одним из факторов решения или облегчения политической составляющей угрозы распространения представляется возможно более широкое вовлечение стран в осуществление институциональных и технических мер международного режима нераспространения ядерного оружия.

В современных условиях приходится учитывать, что при росте мировой ядерной энергетики, сопровождаемом ростом оборота ядерных материалов и широкой доступностью ядерных материалов, технологий и специальных знаний, отдельного рассмотрения заслуживают возрастающие угрозы появления ядерной составляющей международного и субнационального терроризма.

Следует различать два случая. Террористическая организация пользуется поддержкой какого-либо государства, или же она действует совершенно самостоятельно в тайне от всех государств. В первом случае должны приниматься те же меры, что и при угрозе горизонтального распространения по *государственной* линии. Во втором случае институциональные и технические меры могут быть использованы весьма эффективно.

При рассмотрении угрозы ядерного терроризма следует иметь в виду высокую вероятность того, что для достижения террористических целей достаточно создания одной или нескольких *простейших* ядерных бомб, в то время как государственные цели, скорее всего, должны быть направлены на создание некоторого арсенала более или менее совершенных транспортабельных ядерных взрывных устройств. Усилия террористических групп могут быть также направлены на создание так называемой *грязной* бомбы или на разрушение радиоактивно-опасного объекта с помощью обычного оружия, чтобы вызвать сильное радиоактивное заражение местности.

Чтобы меры и действия, принимаемые для снижения риска распространения, не носили случайный и *догоняющий* характер, следует проводить постоянные исследования как существующих угроз режиму нераспространения, так и тех, которые могут возникнуть в условиях широкомасштабного развития атомной энергетики. Базой таких исследований должен быть системный анализ развития атомной энергетики с выявлением и оценкой факторов, влияющих на риск распространения.

К таким факторам, прежде всего, относятся:

- увеличение объемов ядерных мощностей;
- рост числа стран, использующих ядерную энергию;
- рост числа атомных станций, в том числе региональных атомных станций малой мощности;
- рост количества и числа типов предприятий топливного цикла;
- увеличение объемов оборота и транспортных потоков ядерных материалов;
- разнообразие типов используемых ядерных реакторов, в том числе использование реакторов-бридеров;
- расширение технологических областей применения ядерных реакторов;
- внедрение в ядерный топливный цикл переработки и рецикла ядерного топлива;
- увеличение объемов радиоактивных отходов (РАО).

Такой системный анализ должен лечь в основу подготовки рекомендаций по конкретным мероприятиям укрепления режима нераспространения. Очевидно, что такие рекомендации должны будут вырабатываться на основе компромисса, т.е. путем сопоставления выгоды, получаемой от наращивания ядерных мощностей для решения задач энергетической безопасности, и того ущерба, который может быть нанесен обществу, если не принять меры по повышению устойчивости ядерной энергетической системы к распространению.

В результате компромиссного анализа могут быть выявлены перспективные концепции развития широкомасштабной атомной энергетики и предложены политические, институциональные и технические рекомендации, способствующие укреплению режима нераспространения.

Для повышения надежности рекомендаций, вырабатываемых при решении задачи «энергетическая безопасность – риск распространения», необходимо иметь инструмент, позволяющий проводить сравнительную количественную оценку риска распространения при реализации тех или иных решений. В настоящее время при выработке решений по проблеме нераспространения установилась практика использования качественных критериев, выработанных в период сорокалетней давности при соответствующем уровне развития ядерных технологий, их стоимости и доступности, а также при существовавшей в то время системе международных отношений.

Развитие ядерных технологий, рост их доступности как за счет относительного снижения их стоимости на постоянно развивающемся международном рынке, так и из-за снижения уровня их секретности коренным образом изменили ситуацию. Появление и развитие некоторых ядерных технологий, например внедрение центрифуг для производства обогащенного урана, имели революционное влияние на соотношение рисков распространения, связанных с использованием различных технологий.

Это говорит о том, что относительная опасность (мера риска) различных ядерных технологий и даже видов ядерных материалов с точки зрения их опасности для распространения должна постоянно отслеживаться и оцениваться международными экспертами, а рекомендации по мерам противодействия распространению постоянно модернизироваться.

Представляется, что следовало бы стремиться к тому, чтобы создать методологию количественной оценки риска в вероятностной терминологии, подобную той, которая была сформулирована в 1970–1980-х гг. применительно к оценкам ядерной и радиационной безопасности ядерных установок, в результате чего в настоящее время количественные оценки риска являются действенным инструментом сравнительной оценки и выбора ядерных установок по критериям технической безопасности.

Однако оценки риска в области нераспространения существенно отягощены политической составляющей, вследствие чего остаются объектом политических спекуляций или сохраняются на основе старых политических решений, принятых в других политических условиях и на другом уровне развития ядерных технологий.

Некоторое время назад нами был предложен метод количественной оценки риска, основанный на статистической обработке экспертных оценок. Этот метод позволил на примере сравнения рисков скрытного создания оружейного ядерного устройства при несанкционированном переключении ядерных материалов различного типа предсказать уязвимые места в существующем механизме обеспечения режима нераспространения.

Представляется, что было бы целесообразно реализовать проект с условным названием Методология количественного анализа рисков распространения ядерных материалов и технологий атомной энергетики в условиях расширения географии, областей использования и разнообразия потребителей, а также с учетом внедрения инновационных ядерных технологий реакторов и топливного цикла.

Созданный в результате осуществления такого проекта инструмент количественного анализа риска возможно и необходимо было бы использовать в следующих направлениях:

- для подготовки институциональных решений, нацеленных на решение проблем нераспространения ядерного оружия, материалов и технологий на новом этапе развития ядерной энергетики;
- для сравнения по признаку риска распространения инновационных проектов ядерных реакторов и топливного цикла.



Уже на данном этапе с применением полученных оценок риска могут быть сформулированы некоторые рекомендации в отношении особенностей инновационных ядерных топливных циклов, создающих наименьший риск распространения ядерного оружия. Например:

- всемерное снижение уровня доступности, производства и потребления низкообогащенного урана (НОУ), в том числе путем перехода на высокотемпературную ядерную энергетику с большим КПД теплового цикла АЭС;
- переработка облученного топлива реакторов с целью применения смешанного уран-плутониевого топлива без разделения урана и плутония в технологической цепи переработки и изготовления топлива;
- применение тория как исходного ядерного материала, не создающего непосредственный риск распространения;
- придание исходному ядерному топливу свойств самозащищенности за счет включения в его состав осколков деления в нормируемых количествах.

Кроме того, требуется проведение значительной работы с использованием количественного анализа риска для оценок и оптимизации различных институциональных решений, предлагаемых для предстоящего этапа широкомасштабного развития ядерной энергетики. К таким работам в первую очередь относятся:

- разработка концепции международных центров ядерного топливного цикла, нацеленных на снижение риска распространения путем выполнения под международным контролем операций в наиболее уязвимых с точки зрения распространения звеньях топливного цикла: обогащение урана, банк НОУ, производство и поставка топлива, хранение отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), переработка ОЯТ, рецикл топлива;
- в перспективе это ядерные энерготехнологические центры воспроизводства топлива, выжигания актинидов и, возможно, производства водорода с помощью ядерных реакторов и поставка его нуждающимся странам, не подготовленным к использованию атомной энергетики;
- лизинг ядерного топлива, лизинг ядерно-энергетических установок;
- внедрение в практику контроля и регулирования инновационных подходов и методов мониторинга ядерных материалов, реакторов и технологий топливного цикла;
- внедрение в практику международного регулирования и контроля глобального дистанционного мониторинга ядерных материалов на всех этапах заявленной ядерной деятельности;
- обоснование требований к снижению объемов и потоков циркуляции опасных ядерных материалов во всех звеньях топливного цикла и сокращению количества делящихся материалов, находящихся в хранилищах в выделенном или связанном состоянии;
- категорирование ядерных материалов и технологий топливных циклов по степени привлекательности;
- регулирование технологий, повышающих риск распространения;
- оценка опасности *грязной* бомбы и регулирование обращения с радиоактивными продуктами деления и актинидами;
- правило комплектации ядерных объектов системами нераспространения (контроль и учет, физическая защита и т.д.) на стадии разработки проекта ядерных предприятий;
- регулирование распространения знаний в области ядерных технологий в сфере чувствительной информации;

- анализ ядерного экспортного контроля на основе количественных оценок риска распространения;
- разработка концепции объединенного режима обеспечения нераспространения, основанного на гарантиях МАГАТЭ и многосторонних подходах к организации ядерного топливного цикла (ЯТЦ).

Следует отметить, что одновременно с развитием новых ядерных технологий и увеличением масштабов использования ядерной энергии, что в целом затрудняет осуществление контроля в интересах борьбы с ядерным распространением, возникают и новые методы наблюдения за использованием ядерных установок и сохранностью ядерных материалов.

Среди таких методов, существенно повышающих эффективность контроля и существенно снижающих его стоимость, в первую очередь необходимо иметь в виду компьютерно-телевизионный дистанционный мониторинг. В настоящее время различные системы такого мониторинга прошли испытания в полевых экспериментах (в том числе в российско-американском эксперименте с участием *Курчатовского института*).

Можно с уверенностью говорить о необходимости внедрения в практику международного регулирования и контроля глобального дистанционного мониторинга ядерных материалов на всех этапах заявленной ядерной деятельности. Обязательное использование такого инструмента для мониторинга количеств и перемещений делящихся и радиоактивных веществ на всех этапах топливного цикла должно быть нацелено на предотвращение наработки и несанкционированного использования ядерных материалов, включая оценку обнаружения возможного их хищения, в том числе при транспортировке.

Возвращаясь к использованию количественного анализа риска, следует отметить, что с его помощью должны рассматриваться и задачи в сфере инновационных проектов ядерных реакторов и технологий топливного цикла с целью выработки рекомендаций по системе критериев оценки ядерных технологий с позиций снижения риска распространения. Здесь также можно отметить ряд первоочередных задач:

- анализ структуры и элементов ядерной энергетики и топливного цикла по признакам риска распространения, соотношение реакторов на быстрых и тепловых нейтронах, замкнутый топливный цикл с переработкой, сепарацией и рециклом актинидов и продуктов деления;
- экспертные оценки риска распространения при внедрении инновационных проектов и нетрадиционных технологий ядерной энергетики. Требования к инновационным ядерным технологиям: реакторы с расширенным воспроизводством топлива, технологии замкнутого топливного цикла (переработка, сепарация, рецикл, обращение и изоляция радиоактивных отходов, РАО); ядерные установки для децентрализованных потребителей;
- требования и пути реализации минимизации равновесных количеств радионуклидов в атомной энергетической системе и объема РАО;
- анализ риска распространения при хранении ОЯТ, при обращении с радиоактивными продуктами деления и актинидами и при захоронении РАО;
- условия и требования к окончательной изоляции РАО;
- развитие технологий и конструкций, обеспечивающих внутреннюю защищенность опасных ядерных материалов, в частности, топливо со сниженным риском распространения;
- комплексная система физической защиты, контроля, учета и дистанционного мониторинга для АЭС и других объектов топливного цикла;
- разработка инновационных методов мониторинга ядерных материалов, реакторов и технологий замкнутого топливного цикла;



- компьютеризированная система контроля и учета ядерных материалов, основанная на мониторинге и детектировании ядерных материалов.

Исследования в этих направлениях, нацеленные на разработку новых подходов к обеспечению гарантий нераспространения ядерного оружия, материалов и технологий, являются таким же необходимым компонентом обоснования безопасного развития крупномасштабной атомной энергетики, как и работы по обоснованию ее ядерной и радиационной безопасности.

Хотели бы, чтобы наши тезисы и предложения нашли свое обсуждение и на страницах журнала, и в ходе встреч Экспертно-консультативного совета ПИР-Центра.



**Николай Пономарев-Степной**  
вице-президент  
**Владимир Сухоручкин**  
советник директора  
РНЦ Курчатовский институт  
пл. Курчатова, д. 1  
г. Москва, 123182, Россия

### **Примечание**

<sup>1</sup> См.: Круглый стол «Ядерный ренессанс: российская специфика и глобальный контекст». *Индекс Безопасности*. 2008, № 2. С. 127–140.