

Мирный атом – из XX в XXI в.: от оружия массового уничтожения до двигателя массового прогресса

М.В. Жарких

В статье осуществлен анализ развития атомной энергетики России. Кратко излагается ее эволюция, рассматриваются конкурентные преимущества ядерной энергетики перед другими источниками энергообеспечения. Особое внимание уделяется международному сотрудничеству в ядерно-энергетической области, импульс которому был придан в начале XXI в. и динамика которого показывает, что атомная энергетика может и уже в скором будущем способна стать одним из основных факторов социально-экономического развития большинства государств.

Новая эпоха в развитии мирного атома и «атомный ренессанс» – словосочетания, которые сегодня уже прочно вошли в обиход как специалистов в области ядерной энергетики, так и населения, не занятого в атомном секторе. И не только в России, но и во многих других странах, имеющих по крайней мере базовые наработки в ядерно-энергетической области¹. Объективная тенденция развития современного мира – возрастающий интерес государств всех регионов к мирной ядерной энергетике. Это объясняется в первую очередь тем, что проблема энергообеспечения становится все более острой для развитых и в еще большей степени для развивающихся экономик. Одновременно становится очевидным, что реальную альтернативу современной структуре энергопроизводства и потребления, традиционно опирающейся на углеводороды, может составить в обозримом будущем лишь атомная энергетика.

Энергия мирного атома была открыта в середине XX в., однако до сих пор ее освоение и производство в промышленных масштабах огра-

ничивается в основном десятком наиболее развитых государств. Это, в частности, пять официально признанных государств, обладающих ядерным оружием², в которых передовое использование атомной энергии изначально было продиктовано военно-оборонными нуждами.

Недостаточность традиционно доминирующих в настоящее время источников энергообеспечения – углеводородов, их высокая финансово-экономическая затратность, а также значительная степень загрязнения окружающей среды, которую они вызывают, вызвали к жизни иную потребность, заключающуюся в дальнейшем ускоренном развитии атомной энергетики. Речь идет о ее превращении, в том числе через замыкание ядерного топливного цикла и углубление многостороннего международного сотрудничества, в практически неисчерпаемый источник глобального энергообеспечения.

В настоящей статье рассматривается постепенная эволюция атомной отрасли с периода ее зарождения в 40-х гг. XX в. и до настоящего времени, когда энергия мирного атома используется не толь-

Жарких Марина Викторовна – третий секретарь Департамента по вопросам безопасности и разоружения (ДВБР) МИД России, аспирантка кафедры международных отношений и внешней политики России МГИМО(У) МИД России. E-mail: vestnik@mgimo.ru

ко по ее прямому назначению, но и для широкого спектра других целей, имеющих стратегическое значение для социально-экономического развития государств. Это прежде всего фундаментальная и прикладная наука, медицина, сельское хозяйство и продовольствие, в том числе продовольственная безопасность, различные сектора легкой и тяжелой промышленности. Подробно рассматриваются преимущества ядерной энергетики перед другими источниками энергообеспечения, а также перспективы ее развития, в том числе международный аспект.

Выводы, к которым приходит автор в ходе анализа развития атомно-энергетического комплекса, в частности, что атомная энергетика может и должна стать наиболее оптимальным ресурсом энергообеспечения, а также движущей силой в развитии ключевых социально-экономических отраслей государств, становятся очевидными из аргументов, приводимых в данной статье.

Эволюция атомно-энергетической «повестки дня»

Исследования в области освоения ядерных технологий начались в 40-х гг. XX в.³. Пуск первого атомного реактора был произведен 2 декабря 1942 г. в США, и уже в 1946 г. в СССР был выведен на мощность первый ядерный реактор, ставший первым и во всем остальном мире. Первая в мире атомная электростанция (АЭС) также была запущена в СССР – в Обнинске в 1954 г.⁴. Эти события представляли собой технологический прорыв в плане перспектив получения благ от мирного использования атомной энергии, но большая часть исследований в ядерной области в то время была связана с военными ядерными программами США и СССР.

В равной степени точкой отсчета ядерной эры может считаться первое успешное испытание атомной бомбы США 16 июля 1945 г. Вслед за США испытания атомного оружия провели СССР (1949 г.), Великобритания (1952 г.), Франция (1960 г.) и Китай (1964 г.). Обладание ядерным оружием становилось основным признаком мощи государства, закреплявшим за ним статус великой державы.

Поскольку и ядерное оружие, и атомная энергетика основаны на одних и тех же процессах, протекающих в ядре вещества, используемого для осуществления цепной реакции, историю создания ядерного оружия крайне сложно отделить от истории становления ядерной физики как отдельной науки. По этой причине не менее сложно было бы попытаться в 1940–1950-х гг. выработать четкие критерии определения направленности (мирной или военной) развития ядерных технологий и ядерных программ различных государств.

Не вполне осознавая масштабность затрат на развитие собственной ядерной отрасли, будь то для мирных энергетических либо для военных целей, значительное число государств запустили собственные ядерные программы. Стимулом для развития атомных программ, конечно, послужи-

ла и вырисовывающаяся благодаря перспективам использования технологий ядерного бридинга (процесс образования избыточного количества делящихся изотопов в ядерном реакторе) возможность получения практически неисчерпаемого ресурса энерго топлива. Сыграла роль и недооценка государствами, несмотря на трагедию Хиросимы и Нагасаки, серьезности последствий применения атомной энергии в военных целях. В целом в список государств, запустивших собственные ядерные программы той или иной направленности, вошли страны, начиная от Швеции до ЮАР и от Бразилии до Японии⁵.

Конечно, большинство государств подчеркивали исключительно мирную направленность своих ядерных программ. И это было правдой, так как блага мирного атома никем и никогда не сбрасывались со счетов. Поступательно мировое сообщество шло по пути юридического оформления норм и правил в области мирного использования атомной энергии, хотя ее развитие и проходило скачкообразно. Это касалось и формирования системы контроля над мирным использованием атомной энергии. В 1957 г. по инициативе СССР, США и ряда других стран было создано Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), главной уставной целью которого по сей день является содействие достижению более скорого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире⁶.

В 1968 г. благодаря усилиям СССР, США, а также Великобритании был открыт для подписания, а 5 марта 1970 г. вступил в силу Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО). Его IV статья закрепляла за государствами-участниками неотъемлемое право развивать исследования, производство и использование ядерной энергии в мирных целях⁷. Наибольшую вероятность овладения неисчерпаемым топливным ресурсом давали разработки энергетических реакторов на быстрых нейтронах (в основном бридеры, или размножители), первые блоки которых были запущены в СССР, Великобритании и Франции в 1970–1980-х гг.⁸.

Однако после 1970-х гг. в ядерная отрасль оказалась в стагнации. Причем, как ни парадоксально, последствия нефтяного кризиса 1970-х гг. замедлили ее развитие. Это объясняется тем, что в условиях кризиса многими странами, в первую очередь развитыми, были предприняты эффективные меры по энергосбережению, которые снизили потребность государств в увеличении производства энергии. Были разработаны новые системы ресурсосбережения. Кроме того, был открыт ряд новых месторождений нефти и газа, например в Северном море.

Уже в 1980-х гг. рынок органического топлива стабилизировался. Заказы на строительство АЭС заметно уменьшились. Производство реакторов на быстрых нейтронах ограничилось первыми блоками как по причине больших затрат на их производство, так и в связи с тем, что данный тип реакторов вместе с замкнутым ядерным топливным циклом

воспринимался как возможный источник ядерного распространения⁹.

Ситуацию для перспектив мирной атомной энергетики серьезно ухудшили аварии на АЭС в Три-Майл-Айленде (США, 1979 г.) и на Чернобыльской АЭС (СССР, 1986 г.). Они потребовали дорогостоящего усиления мер безопасности эксплуатации АЭС. Кроме того, как следствие аварий увеличился масштаб общественного движения, выступающего против развития мирной атомной энергетики. В последующие десятилетия доля ядерной отрасли в структуре мирового производства энергии оставалась неизменно малой¹⁰. При этом исследования военных аспектов атомной сферы во многих странах продолжались ускоренными темпами. В мае 1974 г. Индия первая после официальных пяти государств, обладавших ядерным оружием, произвела ядерный взрыв. Но тогда в Дели заявили, что испытано «мирное взрывное устройство» (хотя ДНЯО не проводит такого различия). В мае 1998 г. Индия, а вслед за ней и Пакистан произвели новые испытания ядерного оружия, уже не называя ядерные взрывы «мирными»¹¹.

Преимущества атомной энергетики перед другими источниками энергообеспечения

Открытием явления деления ядер урана нейтронами ядерные физики дали в руки человечества новый, потенциально неисчерпаемый источник энергии. Значимость этого открытия наглядна: при делении ядер урана выделяется энергия, в миллионы раз большая, чем в наиболее экзотических химических реакциях. Кроме того, использование ядерной энергии имеет целый ряд других преимуществ по сравнению с использованием иных, в том числе традиционных, источников энергии.

Неисчерпаемость ядерной энергетики достигается за счет того, что в нейтронном потоке, создаваемом в ядерном реакторе, уран-238 превращается в плутоний. При этом уран-235, выделяющий энергию при делении, «сгорает» (становится облученным). Образующийся плутоний также «сгорает» с выделением энергии, но при его облучении образовывается еще большее количество плутония. В результате при получении энергии, причем с очень высокой удельной плотностью, ядерное горючее не только полностью возобновляется, но и нарабатывает излишек по отношению к облученному¹².

Вырисовывающаяся в настоящее время возможность перехода в промышленных масштабах на новые типы реакторов на быстрых нейтронах показывает, что превращение атомной энергетики в надежный и неисчерпаемый источник энергии может стать перспективой недалекого будущего. Особое внимание на такую перспективу для развития нашей страны обратил Президент России Д.А. Медведев в своем выступлении на состоявшемся в Сарове 22 июня 2009 г. заседании Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики: «В среднесрочной перспективе нужно сформировать новую технологическую

базу атомной энергетики на основе замкнутого ядерного топливного цикла с реакторными установками на быстрых нейтронах»¹³.

Преимущества атомной энергетики перед традиционно доминирующими энергоресурсами – углеводородами – очевидны. Они заключаются в следующем:

– запасы органических ресурсов (углеводороды – нефть и газ) истощимы, а потребление их для получения энергии, по сравнению с использованием ядерного материала, огромно и нерационально. Нерациональность объясняется в том числе высокой степенью недоиспользования углеводородного сырья при его переработке;

– объем выделяющейся энергии при ядерных превращениях значительно больше объема получаемой при сжигании углеводородов энергии. Показательный пример: 1 кг низкообогащенного урана (обогащенного до 4% по изотопу урана-235), используемого в ядерном топливе, при полном расщеплении ядер урана-235 выделяет энергию, эквивалентную сжиганию примерно 100 т высококачественного каменного угля или 60 т нефти¹⁴.

Кроме того, в отличие от производства энергии с использованием углеводородов, при ядерной реакции энергосодержание происходит очень быстро. В настоящее время чрезвычайно остро стоит вопрос решения экологической проблемы, и тот факт, что атомная сфера значительно более безопасна для окружающей среды при правильном использовании ядерных технологий, делает ее гораздо более конкурентоспособной. Действительно, установки атомно-энергетического сектора не загрязняют атмосферу так, как это делают энергетические объекты углеводородной отрасли. Использование углеводородов приводит к ежегодному выбросу в окружающую среду: более 150–250 млн т золы; 60–100 млн т SO₂ – сернистого ангидрида, частично превращающегося в серную кислоту в результате смешивания в атмосфере с парами воды; (15–25)•10³ млн т CO₂ и др.¹⁵.

Одним из ключевых преимуществ АЭС является то, что при ее работе не происходит сжигания в процессе производства энергии атмосферного кислорода. Отсутствуют выбросы токсичных и «парниковых веществ». Как ни парадоксально, большой удельный (на единицу произведенной электроэнергии) выброс радиоактивных частиц дает, например, угольная, а не атомная электростанция. К примеру, в угле всегда содержатся природные радиоактивные вещества – торий, два долгоживущих изотопа урана, продукты их распада (включая радиотоксичные радий, радон, полоний), а также долгоживущий радиоактивный изотоп калия – калий-40. При сжигании угля они практически полностью попадают во внешнюю среду. При этом удельная активность выбросов тепловых электростанций ТЭС в 5–10 раз выше, чем у АЭС.

Кроме того, значительная доля природных радионуклидов, содержащихся в угле, скапливается в шлаковых отвалах тепловых ТЭС и попадает в организм человека по пищевым цепочкам

при размытии водой. В 1 т золы ТЭС содержится до 100 г радиоактивных веществ¹⁶. На АЭС такой канал их распространения отсутствует, поскольку технологии обращения с удаленным из реактора облученным ядерным топливом исключают его прямой контакт с внешней средой.

В целом же радиационное воздействие ТЭС на население примерно в 20 раз выше, чем у АЭС равной мощности. Преимущества сгорания ядерного топлива АЭС перед сгоранием органического топлива на ТЭС также очевидны: для сгорания ядерного топлива не требуется окислитель (кислород), так как процесс энерговыделения через облучение ядерного топлива в реакторе обусловлен ядерными взаимодействиями – деление ядер урана-235 (основная составляющая ядерного топлива), а не химическими реакциями. Электроэнергия получается за счет трех взаимных преобразований форм энергии: ядерная энергия переходит в тепловую, тепловая – в механическую, механическая – в электрическую.

При производстве энергии на ТЭС органическое топливо, подаваемое в топку, сгорает полностью. «Несгораемых запасов» не остается и не образуется (в отличие от ядерного топлива), где в цепной реакции деления, проходящей в энергетическом ядерном реакторе, выгорает не весь расщепляющийся материал (уран-235). Из загруженного в активную зону реактора расщепляющегося материала (урана-235) полностью «выгорает» только его избыток над критической массой, значительная же часть расщепляющегося материала остается необлученной и невыгоревший уран после регенерации может быть снова (в отличие от золы и шлаков органического топлива) использован в качестве топлива. И наконец, при облучении ядерного топлива в его составе образуется новый, делящийся материал – плутоний, который также снова может быть использован в качестве топлива¹⁷.

Во многих странах убеждены в том, что ядерная энергетика может быть природосберегающей. Многие из них, в частности Франция, где 75% электроэнергии вырабатывается на атомных электростанциях (АЭС)¹⁸, выступают за признание данной отрасли «зеленой», то есть экологически безопасной. В России, кроме прочего, экономические преимущества использования атомной энергетике перед иными источниками энергии сводятся к тому, что себестоимость производства электричества на АЭС здесь (без учета начальных инвестиций) значительно ниже, чем на тепловых электростанциях (это касается и угля, и газа, и мазута).

Следующий аргумент в пользу предпочтения атомной энергетике – в том, что органические ресурсы гораздо более выгодно использовать в таких смежных областях, как нефтехимия. Это может приносить значительно большую добавочную стоимость, нежели простое применение углеводородов в качестве энерготоплива. Однако не только указанные факторы являются причиной такого пристального внимания к ядерной энергетике. Диверсифицировать источники энергообеспечения

и искать альтернативы органическому топливу государства заставляет острая зависимость стран-импортеров углеводородных энергоресурсов от государств-поставщиков, находящихся зачастую в нестабильных регионах, как, например, Ближний Восток.

Сегодня эксперты сходятся во мнении, что в XXI в. проблема энергообеспечения может создать серьезные угрозы международной безопасности. Об этом еще во время Международной конференции 2005 г., проводимой правительством США в сотрудничестве с американским Советом по возобновляемой энергии, говорил и заместитель министра обороны США в 2001 – 2005 гг., и президент Всемирного банка в 2005 – 2007 гг. Пол Вулфовиц¹⁹. Для устранения подобных угроз необходимо найти оптимальный вариант энергообеспечения всех заинтересованных государств.

Для стран-экспортеров переход на атомную энергию выгоден в том смысле, что они могут получать дополнительную прибыль от продажи органических ресурсов в другие государства вместо использования их в качестве топлива внутри страны. Атомная энергетика привлекательна и тем, что она менее затратна при наличии соответствующей инфраструктуры, чем углеводородная отрасль, в случае же ее отсутствия – быстро окупаема. На необходимость развития атомной сферы нужно смотреть не только через призму совершенствования ядерной энергетике с целью улучшения условий эксплуатации АЭС, но и с учетом активного использования ее технологий в морском флоте и космической области, наращивания потенциала использования ядерных технологий в сельском хозяйстве и медицине (радиоизотопы, например, технеций-99).

Необходимость развития ядерной энергетике объясняется и тем, что ядерная наука и технология являются базовой составляющей не только энергетической отрасли, но и всей современной промышленности, фундаментальной и прикладной науки; в основе производства целого ряда продуктов питания используются ядерно-физические методы и технологии²⁰.

Анализ динамики развития мирной атомной энергетике в XXI в. достижения и перспективы развития отрасли

С наступлением XXI в. развитию атомной энергетике был придан новый импульс, основывающийся в том числе на инновационном многостороннем подходе к атомной энергии. Возросло понимание ее гораздо большей перспективности. Галопирующий рост энергетических потребностей во всем мире сегодня требует интенсивного развития и более широкого использования энергии мирного атома. Руководство все большего числа стран, а также профильных международных организаций озвучивает запуск или интенсификацию соответствующих программ и инициатив в атомно-энергетической области.

В своем приветственном послании участникам и гостям Конференции 2010 г. по рассмотре-

нию действия ДНЯО (3–28 мая 2010 г., Нью-Йорк), Президент Российской Федерации Д.А. Медведев в очередной раз подчеркнул: «мирный атом» играет возрастающую роль в удовлетворении энергетических потребностей мировой экономики». А «действующие и новые АЭС являются реальным инструментом экономического подъема, повышения уровня жизни миллионов людей»²¹. Целый ряд аргументов в пользу развития атомной энергетики обеспечили данной отрасли присутствие во всех «приблизительных» сценариях развития энергетики будущего и в оценках ее структуры. В основе таких сценариев лежит сочетание невосполнимых ресурсов (органическое и ядерное топливо²² со значительным увеличением доли ядерной энергетики) и возобновляемых (или так называемых альтернативных) источников энергии.

Конечно, однозначно утверждать, как конкретно будет развиваться энергетический сектор через несколько десятилетий и какая из его отраслей будет превалировать, крайне сложно. Необходимая глубина прогнозирования в области атомной энергетики, учитывая инерционность отрасли, капиталоемкость и сложность ее реструктуризации, составляет примерно 50 лет. В свете появления новых технологий достоверная глубина прогнозирования не превышает 20 лет. Несомненно, можно однозначно прогнозировать, что атомная энергетика (особенно на базе быстрых уран-плутониевых (U – Pu) реакторов) – это энергетика будущего²³. Очевидно, что экономические, экологические и другие преимущества атомно-энергетической сферы позволят ей занять преобладающие над другими энергетическими секторами позиции уже в ближайшем будущем.

В Российской Федерации ядерная технология способна обеспечить переход к полностью интенсивной экономике, от сырьевой – к индустриальной, машиностроительной структуре экономики, в которой научно-технический потенциал играет роль двигателя общественного и промышленного развития, в 4–5 раз снижая долю сырьевого, то есть невысокотехнологичного, сектора²⁴.

Для России перспективы развития атомно-энергетического сектора обусловлены также расширением возможностей и перспектив для интенсивного строительства АЭС за рубежом, поставок оборудования и ядерного топлива и безопасных с точки зрения распространения технологий, а также предоставления услуг в области ЯТЦ, в том числе через многосторонние подходы к ЯТЦ. Наиболее перспективными регионами в этом смысле являются, в частности, Китай, Индия, Южная Корея, а в более отдаленной перспективе – Юго-Восточная Азия: Индонезия, Вьетнам и др.²⁵

Как становится очевидным, развитие атомной энергии может сыграть стабилизирующую роль в международных отношениях в условиях острой борьбы за органические энергоресурсы и жесткой конкуренции за контроль над газо- и нефтепроводами. В пользу необходимости развития атомной энергетики²⁶ говорит и тот факт, что при наличии в эксплуатации 432 энергетических реакторов в

мире заявлено о намерениях соорудить к 2030 г. 152 новых энергоблока. Еще 350 реакторных блоков предложены на рассмотрение для возможного строительства к этому же сроку²⁷. Некоторые эксперты пишут о вероятности удвоения к 2030 г. совокупных мировых ядерных энерго мощностей²⁸.

Следует особо подчеркнуть значительный прогресс, достигнутый этой отраслью за последние 50 лет. В настоящее время за счет атомной энергии вырабатывается 15–16% мирового производства электроэнергии²⁹, в некоторых промышленно развитых государствах этот показатель значительно выше (Япония – 24%, Республика Корея – 36%, Бельгия – 54%), во Франции он достигает 75%³⁰. Кроме того, ядерная генерация в ряде крупнейших стран мира, таких, как Китай и Индия, вырастет в 6 и 10 раз к 2020 г. соответственно³¹.

Как показывают последние доклады МАГАТЭ и выступления представителей этих государств на регулярных сессиях Совета управляющих МАГАТЭ и 55-й сессии Генеральной конференции МАГАТЭ, авария на АЭС «Фукусима-Дайичи» (Фукусима-1) в Японии не внесла существенных корректировок в планы этих стран по осуществлению масштабного развития своих атомно-энергетических отраслей³².

Россия относится к тем странам, которые приняли политическое решение в пользу дальнейшего развития национальной атомной энергетики; у нас разработана конкретная программа действий, подготовлена необходимая законодательная, финансовая и организационная база. Планируется поэтапный переход начиная с 2020 г. на новую технологическую платформу, основанную на быстрых реакторах и замкнутом ядерном топливном цикле.

Задача развития атомной отрасли России на долгосрочную перспективу была поставлена в Послании Президента России Федеральному Собранию в 2007 г. По заявлению Председателя Правительства В.В.Путина в июле 2008 г., до 2015 г. затраты на атомно-энергетическую сферу только из федерального бюджета должны были составить около 1 трлн руб.³³

О серьезности намерений относительно ядерно-энергетической отрасли говорит и упоминание о международных центрах по обогащению урана в проекте «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г.» – основном документе, определяющем цели и приоритеты развития России до 2020 г.³⁴. А на первом заседании Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики Российской Федерации в июне 2009 г. (под председательством Президента России) Д.А.Медведев выделил пять приоритетных направлений для инновационного технологического развития нашей страны, на которых необходимо сосредоточиться, в том числе ядерные технологии³⁵.

Повышенное внимание, уделяемое Россией атомной сфере, основывалось на возросшей безопасности ядерной энергетики. Обязательными элементами любого современного реактора являются системы управления и защиты (СУЗ) ре-

актора. СУЗ позволяют осуществлять выбранный режим протекания управляемой цепной реакции деления. Также все реакторы оснащены системами аварийной защиты – для быстрого прекращения реакции при возникновении аварийной ситуации. Принцип действия обеих систем основан на введении в активную зону реактора стержней из материалов, интенсивно поглощающих нейтроны (чаще всего – карбид бора), что позволяет резко прекратить деление ядер урана-235 этими нейтронами и остановить цепную реакцию. Кроме того, все современные реакторы снабжены многобарьерными системами радиационной защиты, предотвращающими облучение персонала и попадание радиоактивных веществ во внешнюю среду.

Значительный прогресс в области безопасности использования атомной энергии в мирных целях за последнее десятилетие – в том числе в области безопасности эксплуатации АЭС – был, в частности, достигнут в рамках деятельности МАГАТЭ. С 2004 г. МАГАТЭ усилило деятельность по обоим направлениям – ядерная и физическая ядерная безопасность – с целью их усовершенствования. В целях оказания содействия государствам-членам МАГАТЭ в создании эффективной системы ФЯБ Агентство учредило серию публикаций «Физическая ядерная безопасность» в качестве руководящих документов, носящих рекомендательный характер. Среди основных документов, входящих в серию, – «Аспекты инженерно-технической безопасности при защите ядерных установок от саботажа»; «Идентификация радиоактивных источников и угроз»; «Культура физической ядерной безопасности», «Физическая ядерная безопасность при транспортировке радиоактивных материалов»³⁶.

Опасность использования атомной энергии при недостаточном или неправильном обеспечении эксплуатационной безопасности АЭС, неправильные разработка и проектирование станций, что имело место в случае аварии на АЭС «Фукусима-1» в Японии, не должны ставить под сомнение необходимость развития ядерной энергетики. Сейчас можно утверждать, что серьезные аварии, произошедшие в области ядерной энергетики в XX в., в настоящее время невозможны. Это связано с тем, что в разработке, проектировании и строительстве АЭС с тех пор произошли революционные изменения. Атомные электростанции современного типа принципиально отличаются от действовавших до этих аварий³⁷. Чрезвычайно важны в обеспечении безопасной эксплуатации АЭС и всех иных ядерных объектов постоянный мониторинг и превентивные меры безопасности. Например, сразу после аварии на АЭС «Фукусима-1» в России организована проверка всех ядерных объектов на предмет соответствия требованиям эксплуатационной безопасности³⁸. Председатель Правительства РФ подчеркнул в этой связи, что «Россия не намерена менять планы по развитию атомно-энергетического сектора из-за катастрофы, произошедшей на АЭС «Фукусима-1»³⁹.

Атомная энергетика в режиме нераспространения ядерного оружия

На заре атомной эпохи освоение атомной энергии стало стимулом к началу гонки ядерных вооружений. Созданный в короткие сроки благодаря колоссальным вложениям в оружейные ядерные программы атомный потенциал может теперь позволить наиболее продвинутым в ядерной сфере государствам направить развитие атомной энергетики на пресечение возможного дальнейшего ядерного распространения за счет развития мирной атомной энергетики и предоставления благ от мирного использования атомной энергии всему мировому сообществу. Потенциальное ядерное распространение должно пресекаться посредством поддержания и укрепления сложившегося за более чем полвека режима нераспространения ядерного оружия.

Принимая во внимание всю «чувствительность» ядерной отрасли, особенно базирующейся на замкнутом ядерном топливном цикле, необходимость жесткого контроля, в том числе международного, в связи с осуществлением государствами деятельности в области ЯТЦ, включая международный аспект, очевидна. Планы международного контроля за атомной энергией появились практически одновременно с созданием первых ядерных бомб. Термин «международный контроль за атомной энергией» был впервые введен в оборот учеными-ядерщиками (Н. Бором, Л. Сциллардом, Р. Оппенгеймером), участниками разработки ядерного оружия в 1940-х гг. Под этим термином понималась «система международных мер, направленных на контролируемое исключение использования открытия внутриядерной энергии как орудия войны и во вред человечеству»⁴⁰. Это определение остается практически неизменным до сих пор.

В настоящее время международный контроль за атомной энергией включает в себя целый набор инструментов контроля, предусматривающих обеспечение следования установленным «правилам игры». К основным элементам такого инструментария можно отнести:

- международный контроль над ядерной деятельностью государств, реализуемый через многосторонние международные организации, уполномоченные следить за непереключением этой деятельности на военные цели. Это прежде всего практически универсальная организация МАГАТЭ⁴¹.

В рамках регионального и двустороннего взаимодействия компетентными организациями являются АБАКК, АЯЭ, Евратом, ОПАНАЛ и др.;

- международные механизмы экспортного контроля, формально не входящие в режим ядерного нераспространения, но играющие важную роль: Группа ядерных поставщиков (ГЯП) и Комитет ядерных экспортеров (Комитет Цангера);

- основополагающие юридически обязательные международно-правовые документы: ДНЯО, договоры о создании зон, свободных от ядерного оружия (ЗСЯО), Договор Тлателолко, Бангкокский

договор, Договор Раротонга, Семипалатинский договор, Договор Пелиндаба, а также другие международные договоры, соглашения и конвенции;

– национальные органы контроля и системы мониторинга за перемещением ядерных и других радиоактивных материалов и источников, а также ограничения, установленные в этой связи национальными законодательствами. Это, например, национальные системы физической защиты, учета и контроля ядерного материала (ФЗУК ЯМ), режимы национального экспортного контроля и др.

Первые согласованные принципы и методы осуществления международного контроля (гарантий) были зафиксированы в Уставе МАГАТЭ, открытом для подписания 26 октября 1956 г. За пять десятилетий существования МАГАТЭ агентство разработало разветвленную систему инструментария для обеспечения эффективного мониторинга соблюдения государствами своих обязательств в сфере нераспространения и «детекторов» отхождения государств от этих обязательств. Принципы реализации этих инструментов изложены в целом ряде основополагающих документов агентства (INFCIRC/66; INFCIRC/66 Rev.2; INFCIRC/153 и др.).

В период создания МАГАТЭ настроения в пользу предотвращения распространения были настолько сильны, что намерения заинтересованных сторон не ограничились основанием этого института. Волна создания механизмов контроля над атомной энергией охватила многие регионы, в особенности Европу, где был создан ряд организаций со схожими функциями в области ядерной энергетики. В 1957 г., в соответствии с Римским договором, была образована наиболее крупная региональная организация – Евратом, функционирующая и сейчас. Его цели идут в одном русле с целями МАГАТЭ, но даже более обширны: в частности, следить за непереклещением ядерной деятельности на немирные цели, а также способствовать созданию и развитию ядерной промышленности.

Крупной международной организацией регионального масштаба являлось на определенном временном промежутке Агентство по ядерной энергии (АЯЭ) – полуавтономный институт Организации по экономическому развитию и сотрудничеству (ОЭСР). Созданный в 1958 г. и носивший название «Европейское агентство по атомной энергии», он был переименован в 1972 г. в АЯЭ в связи с вступлением в него США, Канады и других неевропейских стран. Полномочия агентства, однако, по статье 6 его Статута были приостановлены во избежание дублирования прерогатив МАГАТЭ и Евратома⁴². Действует в настоящее время и другая организация – АБАКК – двустороннее Бразильско-Аргентинское агентство по учету и контролю ядерных материалов, которое эффективно отслеживает и гарантирует непереклещение ядерного материала и ядерной деятельности в этих двух странах на цели иные, чем мирные.

Сегодня МАГАТЭ и его система гарантий играет одну из центральных ролей в поддержании и укреплении режима ядерного нераспространения. Юридической или правовой основой приме-

нения гарантий МАГАТЭ в виде инспекционной деятельности на территории государств-участников является ряд документов, разработанных совместно государствами-членами и МАГАТЭ на основе ДНЯО, подписанных и ратифицированных законодательными органами государств-членов⁴³. Основным инструментом проверки МАГАТЭ соблюдения государством своих нераспространенческих обязательств является Соглашение между государством и МАГАТЭ о применении гарантий. Некоторые государства ввели в оборот дополнительные протоколы к указанному соглашению. Результаты инспекций инспекторов агентства представляются в виде инспекционного отчета и собираются в компьютерной базе данных агентства для дальнейшей обработки и подготовки годового отчета о применении гарантий. Такой отчет после предварительного ознакомления с ним уполномоченных представителей государства при МАГАТЭ (миссии при МАГАТЭ) выносится на Совет управляющих агентства, который должен принять решение о представлении этого отчета на ежегодной Генеральной конференции МАГАТЭ.

Таким образом контролируется деятельность государств в ядерной области, с последующим информированием о ней основной части международного сообщества, представленного в рамках МАГАТЭ. Важным нераспространенческим инструментом агентства является возможность агентства передать вопрос на рассмотрение в Совет Безопасности ООН. Следующим важнейшим инструментом поддержания и укрепления режима ядерного нераспространения, его краеугольным камнем по-прежнему считается также практически универсальный⁴⁴ ДНЯО.

Договор, по сути, замораживает расстановку сил в мировом ядерном балансе, отсекая возможность увеличения числа стран, обладающих ядерным оружием. Одновременно ДНЯО закрепляет неотъемлемость прав всех государств-участников, соблюдающих свои нераспространенческие обязательства, на развитие и мирное использование атомной энергии. Важным преимуществом договора является приравнение любого ядерного взрывного устройства (ЯВУ) к ядерному оружию. Тем самым исключается возможность создания ядерного оружия под предлогом «мирного» ЯВУ⁴⁵.

С помощью национальных гарантий обеспечивается решение проблемы возможного ядерного распространения на государственном уровне. Специальное обращение с ядерными материалами (ЯМ), осуществляемое специальными компетентными органами, представляет собой совокупность мер и технических средств, обеспечивающих сохранность и знания о ЯМ. Таким образом, специальное обращение служит обеспечению национальных гарантий нераспространения.

Для дальнейшего укрепления режима ядерного нераспространения, являющегося одной из базовых составляющих системы международной безопасности, данную систему контроля необходимо постоянно модернизировать, поддерживать гибкой и способной реагировать на изменение

конъюнктуры. Для обеспечения эффективности и актуальности мер по поддержанию и укреплению режима ядерного нераспространения предпринимаются разносторонние шаги по его «модернизации». Например, в 1995 г. Конференцией по рассмотрению и продлению действия ДНЯО было принято решение о бессрочном действии договора и механизме созыва каждые пять лет очередных конференций по рассмотрению действия ДНЯО (КР ДНЯО) для анализа эффективности выполнения договора государствами-участниками. Кроме того, почти каждый год собирается Подготовительный комитет конференции, в чьей компетенции – принимать решения касательно режима ядерного нераспространения.

Постоянно развивается и эволюционирует система гарантий МАГАТЭ, происходит ужесточение национальных и международных (в рамках ГЯП и Комитета Цангера) экспортных ограничений, в частности расширение списка товаров и технологий, подпадающих под экспортный контроль (ЭК), наконец, выдвигаются новые инициативы, направленные на использование атомной энергии исключительно в мирных целях (многосторонние подходы к ЯТЦ). В настоящее время становятся все более очевидными возможности и перспективы развития международного сотрудничества в мирном использовании энергии атома с целью укрепления режима нераспространения ядерного оружия.

Основной принцип эффективной работы многостороннего международного атомно-энергетического сектора на цели нераспространения заключается в достаточном энергообеспечении всех заинтересованных стран. Благодаря этому отпадает необходимость развития этими государствами собственного ядерно-энергетического комплекса. Последний, если речь идет о замкнутом ядерном топливном цикле, состоит в том числе из чувствительных в плане нераспространения фаз – обогащения урана и переработки облученного ядерного топлива. Такой полный, или замкнутый ядерный топливный, цикл может сделать ядерную энергетику того или иного государства небезопасной с точки зрения нераспространения. Это особенно актуально в настоящее время, когда все большее число стран начинают развивать атомную энергетику для обеспечения своих потребностей в электроэнергии.

К сожалению, ограничением или прекращением сотрудничества исключить возможность получения определенных материалов, технологий и оборудования полностью все равно нельзя, так как существует «черный» рынок ЯМ и технологий. Но «отбить» вероятное желание получить такие материалы с целью создания ядерного оружия можно, предложив такие условия международного сотрудничества, выгоды от которых перекрыли бы все возможные выгоды от обладания ядерным оружием. Таким образом, использование и дальнейшее развитие атомной энергетики не только может быть безопасным с точки зрения нераспространения, но и служить целям его укрепления благодаря системе

мер режима нераспространения, разработанной как на международном уровне (МАГАТЭ, ДНЯО и др.), так и на национальной основе.

Достаточное энергообеспечение всех заинтересованных стран через международное сотрудничество в области атомной энергетики – многосторонние подходы к ЯТЦ – может снять остро стоящую в настоящее время проблему жизнееспособности режима ядерного нераспространения. Атомная энергетика, как таковая, может и должна стать не только перспективной отраслью международного коммерческого взаимодействия, но и перспективной областью международного сотрудничества для обеспечения международной безопасности.

Другие направления использования мирного атома в XXI в.

Сегодня потенциал мирного атома используется не только по его прямому назначению – выработке электроэнергии, но и для решения целого круга других задач. Причем масштабность научно-исследовательских работ в иных, чем энергетические, областях мирного атома постоянно увеличивается. В основном исследования и применения таких других направлений развития энергии мирного атома ведутся на международной основе, в частности в рамках МАГАТЭ.

В последние годы МАГАТЭ все более интенсивно развивает такие многопрофильные атомно-энергетические направления, как:

- альтернативные энергетические применения;
- усовершенствованные ядерные и термоядерные системы;
- атомные и ядерные данные;
- применения ускорителей и исследовательских реакторов;
- ядерные технологии в продовольствии и сельском хозяйстве, здоровье человека;
- изучение медицины, окружающей среды, водных ресурсов;
- производство радиоизотопов для медицинских и фармацевтических целей, в частности лучевой терапии, радиационных технологий для применения в радиационной онкологии⁴⁶.

Наибольшие результаты от использования энергии мирного атома в МАГАТЭ были достигнуты, пожалуй, в 2010 г. Например, разработка, испытание, проверка пригодности и непосредственное применение быстрых и точных ядерных и связанных с ними методов для ранней диагностики заболеваний сыграли главную роль в повышении продовольственной безопасности. Важным стратегическим компонентом повышения производительности сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности является увеличение инвестиций в борьбу с сельскохозяйственными вредителями. Результаты осуществляемой МАГАТЭ совместно с ФАО в этой области работы свидетельствуют о продуктивности ряда новаторских путей применения ионизирующего излучения для содействия осуществлению биологического контроля.

В течение многих десятилетий МАГАТЭ в партнерстве с ФАО оказывают своим государствам-членам помощь в области увеличения производства и повышения качества и безопасности пищевых продуктов. Знания экспертных сообществ МАГАТЭ и ФАО в области селекции и генетики растений также уже долгое время помогают многим странам увеличивать производство сельскохозяйственной продукции, эффективно используя ядерные технологии. Некоторые из сельскохозяйственных культур, выведенных с помощью передовых ядерных технологий, помогают наладить снабжение продовольствием остро нуждающихся государств, одновременно позволяя фермерам и потребителям получать многомиллионную экономическую выгоду⁴⁷.

Например, в Турции успешно выведены мутантные сорта турецкого гороха, обладающего высокой потенциальной урожайностью, повышенным содержанием белка в ядрах, ранними сроками созревания и устойчивостью к увяданию, гниению и прекращению роста. В Египте культивирование трех высокоурожайных и устойчивых к болезням и насекомым-вредителям мутантных сортов кунжута приносит значительно более высокую экономическую прибыль, нежели выращивание обычных сортов⁴⁸.

Одно из важнейших направлений ядерной науки – радиационная онкология – продолжает интенсивно развиваться. Продолжавшийся в 2010 г. прогресс в области применения радиационной онкологии обеспечивает совершенствование лечения, позволяя в настоящее время добиваться более точного соответствия облученного объема форме опухоли и тем самым лучшего сохранения здоровых соседних тканей. Трехмерная конформная лучевая терапия используется для определения точных полей облучения, в центре которых находится целевая опухоль. В целом достижения в области ядерной медицины в последние три года привели к сокращению как времени сканирования, так и доз облучения, получаемых пациентами, при повышении общего качества лечения и диагностики онкологических заболеваний.

Немаловажно и то, что открытия в области мирного атома далеко не завершены. Благодаря научно-исследовательским работам, проводимым в том числе в рамках МАГАТЭ, а также национальными ядерными научно-исследовательскими институтами, открываются новые сферы применения атома. Вполне возможно, что в недалеком будущем многие проблемы медицины и здравоохранения, продовольствия и сельского хозяйства, других областей науки и техники, а также промышленности будут решаться только за счет применения технологий мирного атома.

Заключение

Можно по-разному относиться к мирному атому и перспективе его дальнейшего развития.

Однако реалии настоящего времени свидетельствуют о неизбежности ускоряющегося развития ядерной отрасли в глобальном масштабе и международного взаимодействия в этой связи. Объективность этих фактов не может быть поставлена под сомнение. Атомная энергетика сегодня – мощный ресурс и хорошо разработанный на основе многолетнего опыта инструмент социально-экономического развития многих стран. Международное сотрудничество в атомно-энергетической области – одно из самых перспективных направлений приложения многосторонних усилий с целью ускорения прогрессивного развития человечества в сфере энергобезопасности, нераспространения, а также в ключевых областях промышленности, медицины, науки.

Наиболее разнообразно и эффективно международное ядерно-энергетическое взаимодействие осуществляется в рамках МАГАТЭ. На базе многочисленных разработок и технологий, основанных на использовании достижений и открытий ядерной науки, строятся и развиваются сегодня многие отрасли экономики промышленно развитых стран.

Дальнейшее развитие ядерной отрасли в контексте многосторонней кооперации открывает еще более обширные возможности для социально-экономического роста государств, причем это касается как стран с уже развитой ядерной инфраструктурой, так и государств, которые только встают на путь развития атомно-энергетического комплекса.

Кроме практической пользы, которую приносит активное применение ядерных технологий в тех или иных областях, обладание ядерными технологиями, несомненно, поднимает престиж государства на международной арене. Развитая ядерная, в том числе ядерно-энергетическая, инфраструктура свидетельствует о стабильном экономическом росте и возможности государства беспрепятственно проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с использованием ядерных науки и технологий.

Для России дальнейшее ускоренное развитие атомной энергетики, в том числе через многосторонние подходы к ядерному топливному циклу, будет означать:

– максимально быстрый переход от частично экстенсивной к полностью интенсивной экономике;

– от сырьевой экономики – к индустриальной структуре производства, в которой научно-технический потенциал играет роль двигателя общественного и промышленного развития;

– от внутреннего потребления возможностей ядерно-энергетического сектора – к масштабному строительству АЭС за рубежом: экспортным поставкам оборудования, ядерного топлива и безопасных с точки зрения нераспространения технологий; предоставлению иных услуг в области ядерного топливного цикла, в том числе через многосторонние подходы к ЯТЦ.

Очевидно, что мирный атом будет в дальнейшем активно развиваться в глобальном масштабе. Также очевидно, что Россия, имея значительный накопленный научно-технический потенциал в этой области и огромный опыт в решении масштабных задач с помощью энергии мирного атома, будет по-прежнему играть в этом процессе одну из ведущих ролей. Объективно мирный атом уже в самом ближайшем будущем может стать основным движущим фактором социально-экономического развития государств, выводя важнейшие отрасли экономики и промышленности на качественно новый уровень. Вместе с тем скептическое отношение к мирному атому в некоторых «слоях» населения сохраняется.

Некоторых людей пугает одно лишь слово «радиация», других – ее неосознанный образ – без вкуса, без цвета, без запаха. Однако часто мы боимся просто потому, что чего-то не знаем или не понимаем. Возможно, чтобы до конца понять или узнать, необходимо потратить чуть больше времени для изучения научно-практического аспекта такой тонкой материи, как ядерная, чем может себе позволить обычный человек в круговороте современных проблем и стремлении решить мно-

гочисленные и всего лишь тактические задачи. Достижение стратегической цели – оптимального удовлетворения энергопотребностей и энергобезопасности, развития передовых отраслей экономики, медицины, науки, сельского хозяйства, – а также одновременное решение проблемы нераспространения ядерного оружия пока что недостижимо для многих стран современного мира, но это, очевидно, вопрос только времени.

Zharkikh M.V. «Peaceful Atom» – from the XXth to the XXI Century: from the Weapons of Mass Destruction to the Driver of the Massive Progress.

Summary: *The article is dedicated to the progress-analysis of the development of one of the most promising fields of economy and industry of Russia as well as many other states of the world – the atomic energy sector. Its evolution and competitive advantages before the other sources of energy supply are attended in brief. Special attention is devoted to international cooperation in the atomic energy field, incentivized at the beginning of the XXI century. Dynamics of this cooperation has shown that atomic energy can and, most probably, in the nearest future, will become one of the main factors of an advanced socioeconomic development of most of the states.*

Ключевые слова

Мирный атом, атомная энергетика, ядерный топливный цикл, международное сотрудничество, неисчерпаемые источники энергообеспечения

Keywords

Peaceful atom, atomic energy, Nuclear Fuel Cycle, International Cooperation, Inexhaustible energy source

Примечания

1. См., например: Джеймс Лейк. Ренессанс атомной энергетики в США. Промышленные ведомости. 2006 г. № 10, октябрь.
2. Согласно ст. IX Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО).
3. Подробнее см.: Мальков В. Л. «Манхэттенский проект». Разведка и дипломатия. М.: Наука, 1995. Глава 2.
4. Первая в мире АЭС в Обнинске (Калужская обл., СССР) безаварийно проработала 50 лет и была выведена из эксплуатации в 2004 г. В настоящее время на ее базе планируется создание музея ядерной энергетики.
5. См.: Нераспространение ядерного оружия: Сборник документов. М.: Международные отношения, 1993. С.6.
6. International Atomic Energy Agency. Vienna. July 2005, p.5.
7. Нераспространение ядерного оружия. С.29.
8. В настоящее время единственный в мире действующий реактор на быстрых нейтронах (БН-600) имеется у России (на Белоярской АЭС).
9. Ядерное нераспространение: Краткая энциклопедия. М.: РОССПЭН. ПИР-Центр, 2009. С. 356.
10. Ядерная технология естественной безопасности. М.: Минатом России, 2000. С. 2.
11. См.: Ядерное оружие после «холодной войны»/ Под ред. А. Арбатова и В. Дворкина; Моск. Центр Карнеги. М.: РОССПЭН, 2006. С. 141.
12. См.: Ядерное нераспространение: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: МИФИ, 2006. С. 9.
13. Официальный сайт Президента России www.kremlin.ru; www.kremlin.ru/news/4885.
14. Колдобский А.Б. 50 вопросов и ответов об атомной энергетике и ядерном топливе. М.: ТВЭЛ, 2006. С.19.
15. Ядерное нераспространение: Учебное пособие. С. 269.
16. Колдобский А.Б. Указ. раб С. 10 – 11.
17. Там же. С.9.
18. Ян Гор-Лесси. Ядерное электричество. 6-е изд. Урановый Информационный Центр. Австралия. Гл. 2.4.

■ Экономика

19. См.: Энергетические измерения международных отношений и безопасности в Восточной Азии// Под ред. А.В.Торкунова, А.Д. Воскресенского. М.: МГИМО, 2007. С.929.
 20. См.: Ядерное нераспространение: Учебное пособие. С. 263.
 21. 2010 Review Conference of the Parties to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons. Practical Steps of the Russian Federation in the field of nuclear disarmament». М., 2010.
 22. В будущем, при успешном развитии и использовании в промышленных масштабах реакторов на быстрых нейтронах и применении многократного ЯТЦ, можно будет обеспечить возобновимость ядерной энергии.
 23. Ядерная технология естественной безопасности. С. 5.
 24. См.: Ядерное нераспространение: Учебное пособие. С. 263.
 25. См.: Перспективы развития атомной энергетики и законодательное обеспечение отрасли, с.15.
 26. Там же. С.3.
 27. World Nuclear Power Reactors and Uranium Requirements, 2011. October 21, 2011. (<http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>), (последнее посещение – 27.10.2011)
 28. Yudin Y. Multilateralization of the Nuclear Fuel Cycle: Assessing the existing proposals. UNIDIR, 2009 , р. 4.
 29. Пономарев-Степной Н.Н., Цибульский В.Ф. Атомная энергия и энергетическая безопасность. Атомная энергия. 2006. Вып. 4. Т. 101. Октябрь. С. 247-254.
 30. Ян Гор-Лесси. Указ.раб. (<http://www.ecoatominf.ru/publishs/electricity/index.html>); World Nuclear Power Reactors and Uranium Requirements, 2011.October 21, 2011. (<http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>)
 31. См.: Колдобский А.Б. Указ раб. С.17.
 32. См.: доклады МАГАТЭ по обзору ядерных технологий - 2011 и по ядерной физической безопасности 2011, а также выступления представителей Индии и Китая на регулярных сессиях Совета управляющих МАГАТЭ в 2011 г. и 55-й сессии Генеральной конференции МАГАТЭ, Вена, 19–23 сентября 2011 г. (Официальный сайт МАГАТЭ www.iaea.org).
 33. Атомная отрасль получит из госбюджета до 2015 г. около 1 трлн руб., http://www.minatom.ru/news/11186_29/07/2008
 34. См.: текст Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. (<http://www.oprf.ru/feedback/778/>)
 35. Президент РФ Дмитрий Медведев провел первое заседание Комиссии по модернизации и технологическому развитию России// <http://minatom.ru/news/15717> , 22.06.2009 г.
 36. См.: Стойберг Карлтон, Бер Алек, Пельцер Норберт, Тонхаузер Вольфрам. Справочник по ядерному праву. Вена: МАГАТЭ, 2006. С. 167 – 180.
 37. См.: Ядерное нераспространение: Учебное пособие. С. 288.
 38. In U-turn, Putin seeks Nuclear Checks// The Moscow Times, № 4596, March 16, 2011. С.1.
 39. Ibidem.
 40. См.: Ядерное нераспространение: Учебное пособие. С. 137.
 41. По состоянию на ноябрь 2010 г. в МАГАТЭ входит 151 государство. Членство еще 7 государств уже одобрено Советом управляющих МАГАТЭ//<http://www.iaea.org/About/Policy/MemberStates/index.html>
 42. См.: Нераспространение ядерного оружия: Сборник документов. С. 6.
 43. В отношении стран–членов МАГАТЭ, не присоединившихся к ДНЯО (Израиль, Индия, Пакистан), гарантии осуществляются только на основе положений INFCIRC/ 66 и INFCIRC/ 66/ Rev.2.
 44. В настоящее время в ДНЯО входят 189 государств ООН, и только 4 государства ООН стоят за его пределами (Израиль, Индия, Пакистан). КНДР заявила о выходе из ДНЯО.
 45. Нераспространение ядерного оружия: Сборник документов. С.25.
 46. См.: Доклад Генерального директора МАГАТЭ 55-й сессии Генеральной конференции МАГАТЭ «Обзор ядерных технологий» от 26 июля 2011 г.
 47. См.: Бюллетень МАГАТЭ, № 50-2, май 2009. С. 19–20.
 48. Там же. С. 20.
-