



ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ: МИФ И РЕАЛЬНОСТЬ
NO. 1 | ФЕВРАЛЬ 2006 | РУССКАЯ ВЕРСИЯ

Ядерная энергетика – мифы и легенды

Риски и перспективы ядерной энергетики

Публикация, посвященная ядерным проблемам No.1

АВТОР: ГЕРД РОЗЕНКРАНЦ

Содержание

- 1 Введение
- 2 Нельзя забывать о риске
- 3 Безопасность: важный вопрос для ядерной энергетики
- 4 Терроризм: новые масштабы угрозы
- 5 АЭС: ядерные мишени в условиях неядерной войны
- 6 Сиамские близнецы: мирное и военное применение ядерной энергии
- 7 Незамкнутый цикл
- 8 Ядерная защита от изменения климата: наивные предложения
- 9 Дешевая ядерная энергия: если государство оплатит расходы
- 10 Заключение: Ренессанс заявлений

Об авторе

Доктор Герд Розенкранц получил ученую степень кандидата наук, инженер. Примерно 20 лет работает как журналист для ежедневных и еженедельных газет. Пять лет (до 2004 г.) работал редактором журнала «Der Spiegel», с основной специализацией «энергетическая политика и окружающая среда». С октября 2004 - руководитель отдела политики в Deutschen Umwelthilfe e.V. в Берлине.

Публикация, посвященная ядерным проблемам, No. 1:

Ядерная энергетика – мифы и легенды

Автор: Герд Розенкранц

© Heinrich Böll Foundation 2006г.

Все права защищены



В соавторстве с

Данный доклад не обязательно отражает взгляды Heinrich Böll Foundation.

Публикация регионального представительства Heinrich Böll Foundation в Южной Африке, в сотрудничестве со штаб-квартирой Heinrich Böll Foundation.

Контакты:

Региональное представительство Фонда имени Генриха Бёлля в Южной Африке,

PO Box 2472; Saxonwold, 2132; South Africa..

Тел.: +27-11-447 8500. Факс: +27-11-447 4418. info@boell.org.za

Фонд имени Генриха Бёлля в Германии,

Heinrich Böll Stiftung, Hackesche Höfe, Rosenthaler Str. 40/41, D-10178 Berlin, Germany,

Тел: +49-30 285 340, Fax: +49-03 285 31 09, info@boell.de; www.boell.de

Фонд имени Генриха Бёлля - российское представительство,

Грузинский пер., 3-231, 123056 Москва

Тел.: +7-495 254 14 53; Факс: +7-495 9358014; info@boell.ru; www.boell.ru

1 Введение

Споры об атомной энергетике начались настолько же давно, насколько ее промышленное использование. Мечты ее сторонников постепенно растаяли, а риски остались, вместе с этим повысилась угроза использования атомной энергетики в военных целях. Терроризм породил новые угрозы. Глобальное потепление и природная ограниченность ископаемого топлива не устраняют главнейших проблем безопасности, связанных с атомной энергетикой. А полностью безопасный реактор так и остается лишь мечтой уже многие десятилетия.

Искусственное потепление атмосферы Земли несомненно представляет собой одну из глобальных проблем XXI века. Но существуют менее опасные пути решения этой проблемы, чем использование ядерной энергии. Атомная энергетика не является устойчивой, т.к. ядерное топливо ограничено, как и ископаемое топливо (уголь, нефть и природный газ). Более того, радиоактивные отходы должны быть изолированы от биосферы на период времени, не поддающийся человеческому воображению.

Ядерная энергетика представляет собой не только ненадежную технологию в отношении безопасности, но также и в отношении финансовых инвестиций. Без государственных субсидий у ядерной индустрии не останется шансов на выживание в условиях рыночной экономики. Компании будут продолжать получать прибыль от использования атомной энергии, пользуясь установленными государством условиями, пока субсидии не прекратятся. Продление лицензий для устаревающих реакторов является привлекательным решением для операторов – но несоразмерно увеличивает риск возникновения крупной аварии. И всегда будут существовать режимы, которые будут содействовать гражданскому использованию атомной энергии исключительно с целью получить атомную бомбу. Более того, как стало понятно после 11 сентября 2001 года, уязвимые и сверх-опасные АЭС представляют собой дополнительные мишени для беспринципных и ожесточенных неправительственных группировок. Также по этой причине общественность будет делиться на противников и сторонников использования атомной энергии, пока будет продолжаться ее использование.

2 Нельзя забывать о риске

События, произошедшие поздно вечером 10 апреля 2003 года в хранилище тепловыделяющих сборок на атомной электростанции Пакш (Венгрия), напомнили о двух инцидентах, которые были вписаны в историю гражданской ядерной энергетики большими буквами – это ядерные катастрофы, произошедшие в Харрисбурге в марте 1979 года и Чернобыле в апреле 1986 года.

Непростительные конструктивные дефекты, нечеткий контроль, неправильные инструкции по эксплуатации, недостаточная оценка тяжелых последствий и наивная вера в высокочувствительную технологию – до произошедшего в Венгрии в тот четверг вечером все эти проблемы были хорошо известны не только из опыта Харрисбурга и Чернобыля, но также из-за событий, произошедших на перерабатывающем заводе в Селлафилде (Великобритания), на бридерном реакторе Мондзю, на перерабатывающем заводе в Токамуре (Япония) и на заводе Брунсбюттель, расположенном на реке Эльбе (Германия). Пока люди совершают поступки, они совершают и ошибки. Им может повезти и тогда цепочка непростительных ошибок не приведет к таким угрожающим последствиям, как после аварии в Чернобыле в 1986 году. На втором блоке атомной электростанции Пакш, расположенной в 115 км южнее столицы Венгрии, Будапешта, авария привела к перегреву и разрушению 30 высокорadioактивных тепловыделяющих сборок, которые преобразовались в радиоактивную массу на днище стального резервуара, заполненного водой. Произошел масштабный выброс радиоактивного газа. Персонал в панике спасся бегством, а позднее избыточный газ в течение 14 часов удаляли с помощью системы вентиляции для того, чтобы дать возможность персоналу завода проникнуть в помещение в радиационных защитных костюмах.

После катастрофы на Чернобыльской АЭС авария на АЭС Пакш стала крупнейшей из тех, что произошли с ядерными реакторами в Европе. Более того, высокорadioактивный материал попал за пределы бетонной защитной оболочки. Однако за пределами Венгрии мир вряд ли обратил внимание на возникший ядерный ад, происходящий внутри мобильной очистной установки для топливных элементов. К своему ужасу, венгерские и зарубежные специалисты, восстановившие позднее череду событий того вечера, осознали, что последствия могли быть намного страшнее. Отсутствие беспокойства во всем мире относительно аварии на Пакше не стало неожиданностью. Между тем, инцидент привнес в историю атомной энергетики кое-что новое. Впервые, группа специалистов Востока и Запада, совместно управляющая реактором, допустила серьезную аварию, настоящими причинами которой стали: безразличие, ошибки в управлении и недобросовестное отношение к режиму безопасности. В состав этой группы входили проектировщики и операторы из Германо-Французской Framatom ANP (дочерняя компания двух известных корпораций Avera (Франция) и Siemens (Германия), группа специалистов, управляющая АЭС Пакш, которая относится к советскому реакторному дизайну, а также эксперты из венгерских регулирующих органов. Все они понесли ответственность лишь частично – и все они легко отделались.

30 тепловыделяющих сборок, которые составляли примерно десятую часть от полной загрузки активной зоны, не были достаточно охлаждены после процесса химической очистки. Сначала вода для охлаждения выкипела, затем тепловыделяющие элементы нагрелись до 1200 градусов Цельсия и рассыпались как фарфор из-за того, что управлявшие реактором специалисты облили элементы холодной водой. По данным реакторных физиков, создавалась опасность ядерного взрыва, т.е. ограниченной, но неконтролируемой цепной реакции. Это повлекло бы за собой ужасные последствия как для Пакша, так и далеко за его пределами.

3. Безопасность: важный вопрос для ядерной энергетики

Сторонники ядерной энергетики явно довольны тем, что дебаты по вопросу использования атомной энергии стихли. Под влиянием угрозы климатических изменений и бурного роста цен на нефть, тон обсуждений стал более «сдержанным и спокойным». Защитники атомной энергитики особенно удовлетворены следующим обстоятельством: обсуждение ядерной политики переключилось с фундаментальных проблем охраны и безопасности на вопросы в сфере экономики, защиты окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Им бы хотелось, чтобы общественное мнение считало атомную энергетику просто одной из технологий получения энергии, наравне с угольной или ветровой. Ядерное деление было «заключено в треугольник», который применяют экономисты для установления рамок в дебатах вокруг энергетической политики. Это - экономическая рентабельность, надежность поставок топлива и соответствие экологическим стандартам. Сторонники ядерной энергетики не обеспокоены тем, что при такой концепции остается немало вопросов относительно предсказуемости развития их отрасли. Они довольны. Как они и предполагали, обсуждение в этих рамках предоставляет отличную возможность замаскировать уникальный потенциал ядерной энергетики в области аварий. Дискуссия в рамках «треугольника» позволяет избежать обсуждения аргументов, которые касаются безопасности. Эта ситуация сложилась не случайно. Она представляет собой результат усилий производителей атомной энергии, выработавших соответствующую стратегию.

Успешная отвлекающая тактика может успокоить взволнованную общественность. Но она не снижает возможность возникновения крупной аварии. Риск возникновения крупной аварии, т.е. такой, которая будет превосходить самую серьезную ожидаемую, с которой только могут справиться существующие системы безопасности - всегда будет основным источником конфликта, связанного с ядерной энергетикой. В конечном счете, это будет являться основой для аргументов против такой формы выработки энергии. Одобрение – региональное, национальное и глобальное – неразрывно связано с этим риском. После катастроф в Харрисбурге и Чернобыле для возвращения общественного одобрения ядерная промышленность пообещала разработать полностью безопасный реактор. Четверть века назад проектировщики реакторов придумали термин «изначально более безопасные атомные электростанции». Американцы прозвали эти будущие установки «опережающими» реакторами, заявляя о том, что возможность расплавления активной зоны или других тяжелых аварий может быть физически исключена. «Даже если произойдет самый тяжелый из возможных инцидентов, - заявил вицепрезидент одной из американских компаний, продающих реакторы, - вы сможете пойти домой, пообедать, немного вздремнуть, и лишь после этого позаботиться о возникшей проблеме – без малейшего беспокойства или паники».¹ Это грандиозное заявление сохраняет свое значение и сегодня – оно до сих пор остается неисполненным обещанием. Уже в 1986 году германский историк в области реакторных технологий Joachim Radkau предполагал, что полностью безопасный реактор - «пирог в небе», придуманный во времена кризиса, но так и не ставший реальностью.²

Европейское агентство по атомной энергии (Евроатом) и десять стран, в которых функционируют атомные электростанции, уже говорят о реакторах четвертого поколения, которые олицетворяют будущее ядерной энергетики, в довольно сдержанном тоне. В отношении этих реакторов уже не говорят, что они будут защищены от идиотских ошибок оператора, как это утверждали в отношении предыдущего поколения, и

¹ По материалам, изложенным Петером Миллером, «Будущее нашей энергетики – возвращение к ядерной энергитии», National Geographic, Август 1991 г., стр. 60. Перевод с немецкого.

² «Возможен ли Чернобыль в Германии?» Spiegel 20/1986 г., стр. 35-36

что никогда не было реализовано. Но утверждают, что блоки четвертого поколения будут более экономичными, меньшими по размерам, менее применимы в военных целях и, следовательно, более приемлемы для общественного мнения. По официальным источникам, первые реакторы 4-го поколения предполагается ввести в эксплуатацию к 2030 году. Неофициально даже некоторые сторонники этой инициативы говорят, что реакторы появятся не ранее 2040 или 2045 гг.³ Данное обещание очень похоже на то, что говорили разработчики термоядерных реакторов. В 1970-х они утверждали, что такие блоки будут производить энергию уже в 2000 году. В настоящее время говорят, что это произойдет к середине XXI века, если произойдет вообще.

Ядерная индустрия не сдержала данные в прошлом обещания, ведь даже реакторы четвертого поколения не являются *абсолютно* безопасными. В то же время, сегодняшняя общественная дискуссия уже обсуждает «относительную безопасность», а неспециалисты с удовольствием повторяют неправильно понятое пустое заявление о том, что «наши атомные электростанции являются самыми безопасными в мире». Достоверность этого утверждения – особенно популярного в Германии – никогда не была подтверждена доказательствами. И правда, звучит не особо правдоподобно, что атомные электростанции, которые были введены в эксплуатацию в 60-е и 70-е гг. (а это означает, что сконструированы они были на основе знаний 50-х и 60-х гг.) могут иметь соответствующий нынешним требованиям уровень безопасности. Но до тех пор, пока никто не выступит с опровержением заявлений сторонников ядерной энергетики, что во Франции, США, Швеции, Японии и Южной Корее уровень безопасности реакторов находится на надлежащем уровне, - все будут удовлетворены. Ни в одной стране мира не существует национального органа по безопасности, который заявил бы что-либо о проблемах – все говорят «наши АЭС - самые технологичные в мире», а также об уникальных особенностях собственных реакторов. Также и страны Восточной Европы заявляют с завидной частотой, что модернизационные программы последних 15 лет вывели реакторы советского дизайна на европейский уровень стандартов безопасности и в некоторых аспектах даже превосходят их. К примеру, утверждается, что реакторы советского дизайна после модернизации становятся менее чувствительными к нарушению физических процессов внутри реактора. Нет необходимости анализировать эти утверждения. Тут заложена простая идея: нет причин для беспокойства.

Беспокойство как на национальном, так и на международном уровне, в самом деле начинает снижаться. Но сохраняется ключевой вопрос о цене, которую человечество готово заплатить за это спокойствие. Какими могут быть последствия для международной реакторной безопасности, если почти-катастрофа, произошедшая в Пакше, обсуждалась лишь в кругу специалистов? Сторонники ядерной энергетики известны приписыванием сравнительно высокого уровня безопасности АЭС Германии и, между прочим, связывают это с наличием в Западной Германии сильного антиядерного движения и скептического отношения к реакторам со стороны хорошо информированной общественности. Согласно данной точке зрения, рост озабоченности у хорошо информированной общественности привел к усовершенствованию систем безопасности. Но если это так, то снижение интереса населения к атомной энергетике должно привести к снижению уровня безопасности АЭС.

В чем заключается новый, реалистичный взгляд на безопасность после 20 лет, прошедших после катастрофы на Чернобыльской АЭС? Разработаны ли эффективные меры, предотвращающие возможные аварии, как та, что случилась в 1986 году на Ук-

³ По заявлению от 23 ноября 2003 г., сделанному Жаном Франсуа Руссли, президентом «Электриситэ де Франс» в обращении к Экономической и экологической комиссии Французского Национального собрания, изложенному Майком Шнайдером, *Der EPR aus französischer Sicht. Memo im Auftrag des BMU*, стр. 5.

раине? Или же уже существует противоположная ситуация и новая крупная авария вот-вот произойдет?

Никто не может отрицать, что ядерная отрасль, как и любая другая, извлекла выгоду из развития технологий. Революционные преобразования в информационных технологиях и связи, произошедшие с момента возведения первых гражданских реакторов, сделали процессы контроля и мониторинга более ясными, а повседневные операции более надежными. При проектировании устаревающих видов реакторов, находящихся в эксплуатации и по сей день, компьютерные технологии находились на уровне ЧПУ с программным управлением. Современные системы контроля были и продолжают ретроактивно устанавливаться на заводах, в том числе и на устаревающих АЭС. Компьютерное моделирование и эксперименты могут пролить свет на многие факторы, связанные с обычными реакторными процессами или с теми, которые следуют за нарушением нормального функционирования. В наши дни операторы АЭС прибегают к помощи моделирования при оценке необходимых мер реагирования на аварии, о вероятности которых 20 или 30 лет назад еще никто не подозревал. Специалисты в сфере безопасности также пользуются усовершенствованными вероятностными анализами и новыми разработками в области испытания оборудования и мониторинга.

Люди, отвечающие за эксплуатацию реактора, должны учитывать ошибки прошлого. С этой целью была организована Всемирная ассоциация ядерных операторов (WANO), которая организует обмен информацией и анализирует данные об авариях. Операторы имеют доступ к данным об 11000 реакторных лет во всем мире. Однако говорить о «новом уровне безопасности» пока рано. То, что после Чернобыля и Харрисбурга не было инцидентов с расплавлением активной зоны еще не значит, что они стали невозможными. Пакш стал главным напоминанием. Три из четырех реакторов, работающих в настоящий момент, уже существовали в 1986 г. По теории вероятности тяжелая авария может произойти сегодня или через 100 лет. 11 тысяч лет работы реакторов во всем мире не подтверждают этот тезис и не вносят какую-либо ясность. Когда впервые произошла авария с расплавлением активной зоны в Харрисбурге в 1979 г., антиядерные активисты в южной Германии распространили ироничную листовку следующего содержания: «Одна авария за 100 тысяч лет – как быстро летит время!»

Менеджеры, как Гарри Роэл (директор компании RWE), называют продление срока службы реакторов «абсолютно соответствующим технологии безопасности» (*Berliner Zeitung*, 9 августа 2005 г., стр 6). Вальтер Хогefeldер, директор компании E.ON Ruhrgas, управляющей АЭС в Германии, а также президент Немецкого форума по атомной энергии, со всей серьезностью заявил, что продление «обезопасит поставки электроэнергии» (*Berliner Zeitung*, 9 августа 2005 г., стр 6). Ужасно то, что большая часть общественности больше не подвергает это сомнению. Операторы АЭС пытаются убедить всех в том, что АЭС с возрастом становится безопаснее, в отличие от машин или самолетов. Однако это вступает в противоречие не только со здравым смыслом, но и с законами физики.

Реакторы подвержены «старению». Этот нейтральный термин - фасад, скрывающий технические знания о металле и других материалах. Знания связаны не столько с состоянием поверхности металла, сколько с малозаметными изменениями субстанций внутри металлических материалов. Эти процессы и их последствия трудно просчитать. Их трудно идентифицировать во время мониторинга, особенно если в дело вступают высокие температуры, большие нагрузки, агрессивные химические среды и нейтронное воздействие. Коррозия, повреждения вследствие облучения центральных компонентов реактора нередко происходили в прошлом. Серьезных аварий часто

можно избежать путем мониторинга и проверок. Иногда повреждения, важные с точки зрения безопасности, обнаруживаются случайно.

Мы должны также помнить о либерализации энергетического рынка. Там, где есть АЭС, они требуют снижения издержек через увольнение части персонала, уменьшения количества проверок и времени, которое тратится на ремонт и замену топлива. Все это не приводит к повышению безопасности.

В целом из-за увеличения срока эксплуатации АЭС до 40 или даже 60 лет средний возраст реакторов в мире, составляющий сейчас 22 года, удвоится или даже утроится. Это повысит риск серьезной аварии. Процесс возведения реакторов третьего поколения не претерпит сильных изменений. В течение следующих десятилетий они будут обеспечивать очень небольшой процент электроэнергии. Эти реакторы не обладают достаточной защитой против серьезных аварий. Критики утверждают, что даже Европейский реактор на воде под давлением (EPR), проектирование которого началось в конце 1980-х и который сейчас возводится в Финляндии, наполовину повторяет реакторы на воде под давлением Франции и Германии. Этот реактор сконструирован таким образом, что последствия возможного расплавления активной зоны должны удерживаться усовершенствованной защитной оболочкой. Из-за того, что этот дизайн довольно дорогой, предпринимаются усилия к тому, чтобы сделать работу реактора более экономичной. Может ли защитная оболочка, которая является копией с последнего типа немецких реакторов KONVOI, выдержать падение пассажирского самолета - открытый вопрос.

Операторы АЭС уверены, что увеличение опыта эксплуатации реакторов и продление срока службы АЭС снижают возможность серьезной аварии. В 2003 г. на встрече WANO в Берлине были определены 7 наиболее серьезных случаев, на которые надо обратить внимание. Как и в случае с Пакшем, аварии обсуждалось исключительно экспертами, без участия общественности. Вот этот список:

- Утечки на АЭС Сайзвел Би (Sizewell B) в Великобритании (эксплуатируется с 1995 г.).
- Недостаточная концентрация бора в аварийной системе охлаждения на втором блоке немецкой АЭС Филипсбург (Philippsburg) в Баден-Вюртемберге.
- Ранее не встречавшиеся повреждения топливных сборок на 3-м блоке французской АЭС Каттено (Cattenom).
- Взрыв водорода в трубопроводе на немецкой АЭС Брюнсбюттель (Brunsbüttel).
- Масштабная коррозия корпуса реактора АЭС Дэвис-Бесс (Davis-Besse) в США.
- Фальсификация сведений, относящихся к безопасности, на британском объекте Селлафилд (Sellafield).
- То же, но в Японии, на АЭС компании Терсо.

Эти виды инцидентов и их частое повторение в последние годы заботят операторов АЭС гораздо больше, нежели политических пропагандистов «ядерного ренессанса».

Тех, кто непосредственно отвечает за безопасность, волнует феномен, который не позволяет выполнять одну и ту же повторяющуюся работу одинаково эффективно на протяжении многих лет. На конференции WANO в Берлине один из выступающих говорил не только о финансовых последствиях этого феномена (около 298 миллионов долларов дополнительных затрат к октябрю 2003 г., инциденты в Филипсбурге, Пакше и Дэвис-Бесс, закрытие для проверок 12 из 17 реакторов компании Терсо), но и о

беззаботности и самодовольстве персонала АЭС. И то, и другое «угрожают нашему бизнесу», заявил шведский участник.⁴

Японский президент WANO Хашиму Маэда заявил, что ядерному бизнесу угрожает тяжелый «недуг». Он начинается с потери мотивации, затем следует самодовольство и «безразличие к повышению культуры безопасности вследствие экономического давления либерализации энергетического рынка». Этот недуг должен быть осознан и учтен. В противном случае «серьезная авария... уничтожит всю индустрию».⁵

⁴ *Nucleonics Week*: 6 августа 2003 г.

⁵ Там же.

4 Терроризм: новые масштабы угрозы

Дискуссии, проходившие до 11 сентября 2001 г., не учитывали масштабной угрозы таких атак, какие случились в Нью-Йорке и Вашингтоне. Эта угроза делает необходимым пересмотр вопроса использования атомной энергии.

Признания двух заключенных лидеров Аль Каиды указывают на то, что атомные электростанции находились в числе целей, рассматриваемых террористами. В соответствии с этими заявлениями, Мохаммед Атта, который пилотировал Боинг 767, врезавшийся в Северную башню Мирового торгового центра, первоначально выбрал в качестве цели два блока АЭС Индиан Пойнт на реке Гудзон. Атака на АЭС, располагающуюся всего в 40 км от Манхэттена, получила кодовое название «электрическая инженерия». План был изменен, потому что террористы испугались, что самолет, направленный на электростанцию, может быть сбит зенитными ракетами. Ранние и более чудовищные планы лидера Аль Каиды Халида Шейха Мохаммеда, который говорил о десяти пассажирских авиалайнерах, захваченных одновременно, включали атаку на несколько АЭС. Следовательно, нужно очень серьезно относиться к террористическим атакам при оценке рисков, связанных с атомными электростанциями. После 11 сентября 2001 года угрозы стали реальностью.

Ни один из 443 функционирующих к концу 2005 года реакторов не может выдержать падения самолета с полным баком горючего. Операторы реакторов единогласно подтвердили это после атак в Нью-Йорке и Вашингтоне. Однако быстро возникшая дискуссия о том, как защититься от террористов, имела еще и скрытую цель - предотвратить обсуждение устаревания реакторных установок, которые могли быть закрыты под давлением общественности. В тоже время, многие исследования подтверждают, что террористическая угроза учитывалась, по крайней мере, частично при проектировании западных АЭС. В частности, предусматривались варианты падения военных самолетов, атаки с использованием противотанковых гранатометов, гаубиц и других видов оружия. Произвольная атака с использованием гражданского самолета с полным баком горючего считалась слишком маловероятной, чтобы разрабатывать такие сценарии. При подготовленной атаке самолет превращается в ракету, мощность которой конструкторы реакторов не могут вообразить.

После атак в США *Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit* (GRS), располагающаяся в Кельне ассоциация, исследующая безопасность ядерных реакторов, начала обширное исследование уязвимости германских АЭС в случае самолетного нападения. Исследование по поручению германского правительства рассматривает не только структурную прочность ядерных установок. Работы проводились в Техническом университете в Берлине, где полдюжины пилотов работали на специальном симуляторе – на различных скоростях они тысячи раз врезались в различные места немецких АЭС под различным углом. Летчики-испытатели – подобно террористам в Нью-Йорке и Вашингтоне - прежде летали лишь на небольших летательных аппаратах. Тем не менее, больше половины симулированных атак пилотов-смертников удалась.

Результаты данных исследований оказались столь тревожными, что их не стали предавать огласке. Лишь впоследствии они стали известны общественности в виде кратких выводов. Согласно этому документу, каждая авария могла стать ядерным адом, особенно на устаревающих установках, не взирая на тип, размер или скорость при столкновении. Глубокое сотрясение и последующий пожар неизменно разрушают трубопроводы и преодолевают защитную оболочку. А прямое столкновение самолета с реактором вероятнее всего приведет к расплавлению активной зоны и масштабному радиоактивному выбросу. Сооружения для временного хранения отработавшего ядер-

ного топлива (ОЯТ), например бассейны выдержки с водой, также находятся в зоне повышенного риска. Реакторы последних моделей характеризуются более устойчивой защитной оболочкой. Но в соответствии с исследованием GRS, при прямом столкновении самолета с реактором на большой скорости и на таких реакторах возможно возникновение ядерной аварии и заражение окружающей территории.

Террористический сценарий нацеленного удара с воздуха не отменяет другие сценарии, которые существовали в мире и до 11 сентября 2001 года. В значительной степени он дает им более конкретную и реалистичную основу. Некоторые промышленные страны с развитой ядерной промышленностью уже начали тщательно изучать возможность террористических атак на ядерные установки с использованием оружия или взрывчатки, с учетом стремительного прорыва на закрытые территории. Но они не рассмотрели возможность атаки в контексте того, что противник готов к смерти (является смертником). Возможность атаки с участием нескольких человек на ядерную установку, в течение которой они сами станут первыми жертвами, делает возможной дюжину сценариев, которые необходимо учитывать.

С позиции террористов-смертников, атака ядерной установки является иррациональной. Они осознают, что «успешная» атака не станет причиной мгновенного ада и не приведет к страданию миллионов людей, но возможно приведет к закрытию многих других атомных электростанций по причинам предосторожности – таким образом вызвав экономическую катастрофу, сравнимую по масштабам с последствиями теракта 11 сентября 2001 года. Чудовищные и беспрецедентные атаки на Мировой торговый центр являются символическим актом, унижающим американскую сверхдержаву. Нападение на атомную электростанцию не станет настолько же символическим. Оно ударит по выработке электроэнергии – нерву инфраструктуры промышленного общества. Радиоактивное заражение целого региона, которое вызовет длительную эвакуацию сотен тысяч, если не миллионов людей, в конечном итоге разрушит грань между войной и террором. Ни одна другая атака, даже на нефтяной порт Роттердама, не сможет оказать такого психологического эффекта на страны Запада. Даже если цель атаки - вызвать масштабную ядерную аварию - и провалится, все равно последствия будут ужасающими. Вспыхнут общественные дебаты по поводу катастрофической опасности ядерной энергетики невиданного ранее уровня, что приведет к закрытию если не всех, то многих атомных электростанций в ряде промышленных стран.

5 АЭС: ядерные мишени в условиях неядерной войны

Новые виды террористической деятельности также порождают дебаты о «гражданской атомной энергетике» в условиях войны. До сих пор в ядерном сообществе на данную тему наложено табу. В регионах с напряженной обстановкой, таких как Корейский полуостров, Тайвань, Иран, Индия и Пакистан, действующие реакторы несут в себе особенную опасность. Войскам противника не обязательно иметь в своем арсенале ядерную бомбу, чтобы причинить разрушения и вызвать радиоактивное загрязнение, достаточно и того, что на территории атакуемого государства находится АЭС. Те, кто пытается навязать представление о ядерной энергетике, как об инструменте, обеспечивающем бесперебойные поставки электроэнергии, заблуждаются. Не существует ни одной другой технологии, единственная авария на которой может привести к разрушению системы энергоснабжения в целом. Экономика, основанная на данном типе технологии, находится в зависимости от бесперебойных поставок. В случае войны выгоднее нападать на те страны, которые имеют атомные объекты.

В 1985 году, объясняя свое решение о переходе из стана союзников в стан противников ядерной энергетике, физик и мыслитель Карл Фредерик фон Вайцзекер заявил, что «для мирового распространения ядерной энергетике необходимо радикальное изменение мировой политической структуры всех существующих сегодня культур. Необходимо переступить границы политического института войны, который существует по меньшей мере со времени возникновения высокой культуры». Фон Вайцзекер заключил, что не существует политических и культурных предпосылок для обеспечения всеобщего мира. Во времена «неравной ожесточенности», в условиях которой высокоидеологизированные экстремисты готовятся к войне против сильных индустриальных стран и к глобальному «столкновению культур», стабильный всеобщий мир становится еще менее возможным, чем в 1985 г., когда фон Вайцзекер формулировал свои представления.

В случае возникновения вооруженного конфликта угрозы для АЭС перестают быть гипотетическими. К примеру, во время Балканского конфликта (в начале 90-х гг.) ядерный реактор, располагающийся на территории Словении в г. Крско, в ряде случаев мог стать объектом нападения. Югославские бомбардировщики летали над реактором с целью демонстрации своей готовности напасть. Без всяких сомнений очевидно, что Израиль воздержался бы в 1981 г. от воздушной атаки на исследовательский реактор Озирак в Ираке, если бы реактор находился в эксплуатации. Атака была направлена против попытки Саддама Хусейна построить первую «исламскую бомбу». Во время войны в Персидском заливе в 1991 г. американцы проводили нападения на тот же исследовательский центр, где продолжалось строительство реакторов. В ответ Садам Хусейн направил свои ракеты на израильский ядерный центр в Димоне. В конце 2005 г. появились разговоры о том, что необходимо нанести удар по секретным ядерным установкам Ирана.

Таким образом, существует ряд вероятных сценариев, в которых участники, вовлеченные в боевые действия или вооруженные конфликты, решают атаковать ядерные установки, располагающиеся на территории противника. Один из методов борьбы с предполагаемыми амбициями врага по созданию ядерной бомбы – уничтожение ядерных установок на стадии строительства. Другой – нагнетание напряженности и страха. Страшный факт состоит в том, что государству, чьи враги обладают АЭС, не нужно создавать атомную бомбу. Атака на АЭС не менее эффективна, чем взрыв бомбы. Поскольку внутри реактора содержится на порядок больше радиации, чем в бомбе, радиоактивное загрязнение вследствие взрыва АЭС будет много масштабнее, нежели после взрыва бомбы.

6 Сиамские близнецы: мирное и военное применение ядерной энергии

С тех пор как была реализована идея использовать ядерную технологию для производства энергии, появилась возможность использовать гражданскую атомную энергетику в военных целях. Это никого не должно удивлять. В конечном счете, атомные бомбы, сброшенные на Хиросиму и Нагасаки в 1945 году, вызвали эмоциональное потрясение у людей во всем мире. Программа «Атом для мира», провозглашенная в 1953 американским президентом Эйзенхауэром, была направлена на «гражданское использование атомной энергии». Предложение поделиться гражданской атомной технологией, было направлено против возможного желания других стран создать бомбу.

Владея бомбой, демонстрирующей статус США как супердержавы, ничего проще, чем мир, президент предложить не мог. Все заинтересованные страны могут извлечь выгоду из применения ядерной энергетики в мирных целях, при условии отказа от амбиций по созданию собственного ядерного оружия. Американское предложение было направлено на предотвращение развития ядерных оружейных программ у СССР, Великобритании, Франции и Китая, которые вели разработки в этом направлении. Другие страны, включая те, которые позиционируют себя как глубоко миролюбивые – такие как Швеция и Швейцария – также в большей или меньшей степени трудились над созданием ядерного оружия. Федеративная Республика Германия, которая с конца Второй мировой войны и до 1955 г. была не вполне суверенным государством, с Францем-Йозефом Штраусом на посту Министра ядерной энергетики также разрабатывала различные амбициозные проекты.

Договор о нераспространении ядерного оружия, который в конечном счете вступил в силу в 1970 году, явился инициативой Эйзенхауэра, также как и создание Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), основанного в 1957 г. Работа данного агентства со штаб-квартирой в Вене заключалась в продвижении ядерной энергетики в качестве источника для выработки электроэнергии по всему миру, но в то же время и в предотвращении попыток ряда стран по созданию атомного оружия. После приблизительно полувека активной деятельности успехи МАГАТЭ по реализации целей и задач также двойственны, как и его программа действий. Занимаясь мониторингом гражданских ядерных установок и использования на них расщепляющихся материалов, оно многозначительно препятствует быстрому распространению. За эту деятельность в 2005 году Агентство и его директор Мохаммед Эль-Барадей получили Нобелевскую премию мира.

Агентство при этом не смогло предотвратить распространение. К концу Холодной войны еще три страны (а именно Израиль, Индия и ЮАР), в дополнение к пяти «официальным» ядерным державам, обзавелись ядерным оружием. Впоследствии ЮАР уничтожила свое ядерное оружие (в начале 1990-х гг). Во время войны в Персидском заливе в 1991 г. инспекторы раскрыли существование весьма продвинутой секретной программы по созданию ядерного оружия в Ираке, хотя эта страна подписала Договор о нераспространении и подвергалась постоянным инспекциям МАГАТЭ. В 1998 г. Индия и Пакистан, которые, как и Израиль, отказались подписывать Договор о нераспространении ядерного оружия, шокировали мировое сообщество, осуществив испытания ядерного оружия. В 2003 г. находящаяся под коммунистическим контролем Северная Корея, прервала свои обязательства по Договору о нераспространении и заявила о наличии ядерного оружия.

По мнению многих экспертов, пример Северной Кореи скорее всего вдохновит и другие авторитарные режимы. Если Ирак лишь намеревался создать бомбу, что стало причиной нападения со стороны США в 2003-м, коммунистическое правительство Северной Кореи объявило о том, что уже имеет ее. И в то время как правительство Саддама Хусейна было свергнуто ударами неядерных бомб и крылатых ракет, нанесенными американскими войсками, не менее авторитарный диктатор Ким Чен Ира избежал такой участи. К тому же, в свете военных акций со стороны США в Ираке и Афганистане, кажется правдоподобным, что Северная Корея избежала такой участи из-за вероятности применения ядерного оружия, которое у корейцев предположительно уже есть. Даже предположение такой взаимосвязи может подтолкнуть страны, враждебно настроенные к США, последовать примеру северокорейцев. Свежий пример – Иран, хотя руководители этой страны и заявляют, что используют атомную энергию только в мирных целях.

Все эти опасения вырастают из двойственности, свойственной ядерной технологии: даже с большим желанием и лучшими в мире системами мониторинга во многих случаях невозможно однозначно отделить гражданские разработки от военных. Технологии и знания могут быть использованы как в мирных, так и в военных целях. Любая страна, обладающая гражданскими ядерными технологиями, подвергающаяся контролю МАГАТЭ и Европейского агентства по атомной энергии (Евроатом), рано или поздно сможет создать собственную бомбу. За последние полвека главы многих государств санкционировали секретные военные разработки в своих странах, параллельно с развитием гражданской атомной энергетики. Но даже без специальных секретных программ гражданская ядерная энергетика представляет массу возможностей для военных разработок:

- Установки по обогащению урана нужны для производства топлива для легководных реакторов - наиболее распространенных в мире. Они также могут быть использованы для производства высокообогащенного урана (ВОУ), расщепляющегося материала, используемого в исследовательских реакторах – или для атомных бомб такого же типа, как сброшенная на Хиросиму.
- Как исследовательские, так и гражданские реакторы могут использоваться в мирных целях – или преднамеренно использоваться для производства плутония, который можно использовать для создания атомной бомбы, похожей на ту, что была сброшена на Нагасаки. Это даже в большей степени относится к реакторам на быстрых нейтронах.
- Перерабатывающие установки первоначально предназначены для выделения плутония из ядерного топлива – но также могут быть использованы для выделения изотопа плутония-239, который дает подходящий для атомных бомб материал.
- Технология переработки может быть использована для обращения с расщепляющимися материалами как часть гражданского топливного цикла – или для производства материалов, нужных для создания атомной бомбы.
- Склады временного хранения плутония, урана и других расщепляющихся материалов могут использоваться для складирования отработавшего ядерного топлива АЭС – или как склады материалов для создания атомных бомб.

Сооружения в рамках ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) для гражданских нужд могут использоваться и в других целях, для параллельно производящихся секретных военных разработок. Секретное использование в военных целях небольшой части топлива для гражданских реакторов может оставаться незамеченным при проведении различных проверок. Опасения также вызывает воровство соответствующих научно-технических знаний и военных технологий.

К концу Холодной войны многие люди надеялись, что ядерная энергетика будет служить общественным интересам в рамках сдерживания распространения чувствительной технологии и материалов, что снизит риск распространения ядерного оружия. Однако в это же время увеличивалась опасность «утечки» технологий в гражданской и военной областях, особенно после падения Советского Союза. Резко вырос снабжаемый спекулянтами и криминальными группами черный рынок ядерных материалов. Большинство радиоактивных материалов, продаваемых преимущественно в криминальных кругах и по завышенным ценам, особенно в начале 1990-х гг., не были оружейными. Но радиоактивные материалы из строго охраняемых хранилищ внезапно стали доступными и это не могло не беспокоить.

Никто не подвергает сомнению тот факт, что в случае появления ядерного оружия в любой стране, помимо 31-ой, уже обладающей этими технологиями, будет очень сложно предотвратить ядерное распространение. Еще один скачок в развитии ядерной энергетике, подобный тому, который происходил в 1970-х гг., повысит общее число стран, обладающих технологией расщепления, до 50 или 60 и приведет к постоянному недостатку контроля со стороны МАГАТЭ, у которого и так не хватает средств и сил на проверку. И это не приближает нас к решению новой проблемы, связанной с угрозой использования террористами «грязной бомбы». Приведя в действие обычное взрывчатое вещество, начиненное радиоактивными материалами гражданского происхождения, можно добиться не только увеличения количества жертв, но и значительно спровоцировать нестабильность и сделать большие территории непригодными для жилья.

7 Незамкнутый цикл

«Ядерный топливный цикл» представляет собой удивительную часть терминологии, которая укоренилась сама собой за последние десятилетия, хотя доказана ее ложность. Миф, связанный с повторным использованием ядерного топлива, основывается на давней мечте инженеров-ядерщиков использовать *расщепляющийся* плутоний, получаемый в гражданских реакторах, в качестве ядерного топлива в бридерных реакторах. Это похоже на *вечный двигатель*, перерабатывающий нерасщепляемый уран (U-238) в плутоний (Pu-239) для дальнейшего использования в бридерах, где в процессе эксплуатации количество плутония вырастает. Идея заключалась в создании гигантского промышленного цикла, состоящего из более чем тысячи бридерных реакторов и множества перерабатывающих заводов, существующих в настоящее время только в Ла-Аг (Франция) и Селлафилде (Великобритания). В середине 60-х стратеги предсказывали, что Германия к 2000 году будет иметь парк бридерных реакторов общей мощностью 80000 МВт. Плутониевое направление в энергетике впоследствии названное немецким экспертом Клаусом Траубе, одно время руководившим проектом реактора Калкар на Нижнем Рейне, «утопическим решением 50-х», оказалось, возможно, самым существенным фиаско в истории экономики. Технология бридерных реакторов чрезвычайно дорога, технически не до конца проработана, более сомнительна в отношении безопасности, чем технология обычных АЭС, и особенно уязвима для военного использования. Продвижение этой технологии в мире так и не состоялось. Только в России и во Франции используется по одному бридерному реактору, оставшимся со времен популярности этой технологии. Япония (чей реактор-прототип в Мондзю был остановлен после крупной утечки натрия в 1995 г.) и Индия официально ведут разработки в этой области.

Главная историческая мотивировка выделения плутония на перерабатывающих заводах в настоящее время неприменима без каких-либо перспектив в дальнейшей разработке бридерной технологии. Однако помимо Франции и Великобритании менее крупные установки по переработке ОЯТ обычных легководных реакторов используются в России, Японии и Индии в целях выделения и повторного использования получаемого плутония, применяемого для изготовления МОКС-топлива. В то время, когда перерабатывающие установки не простаивают из-за неисправностей, они требуют огромных денежных затрат на выделение плутония и урана. Также они вырабатывают высокорadioактивные отходы, которые требуют долгосрочного хранения, и, кроме того, создают радиационный фон в десятки тысяч раз выше, чем обычные реакторы на легкой воде. Переработка также требует рискованной транспортировки высокорadioактивных материалов, которые можно использовать для военных или террористических целей. Таким образом, существенно увеличивается количество потенциальных мишеней для террористических группировок.

В виду того, что перерабатывается только небольшая часть высокорadioактивных отходов коммерческих реакторов и отработавшее МОКС-топливо не используется повторно, единственная часть, которая осталась от закрытого ядерного топливного цикла – это название. В реальном мире этот цикл открыт. Кроме электроэнергии АЭС вырабатывают высокотоксичные отходы с уровнем радиации от низкого до очень высокого. Для них необходимы охраняемые долговременные хранилища. Время хранения зависит от периода полураспада, который сильно отличается для различных радиоактивных изотопов. Например, для изотопа плутония-239 период полураспада составляет 24 110 лет, а для изотопа кобальта-60 – всего 5,3 дня.

По прошествии полувека с того момента, как АЭС начали вырабатывать электроэнергию, не существует ни одного функционирующего хранилища высокорadioактивных

отходов – положение дел, напоминающее хорошо известную историю с атомным аэропланом, взлетающим без представления о том, куда он будет приземляться. В некоторых странах – во Франции, США, Японии и ЮАР - сравнительно короткоживущие отходы, с уровнем радиации от низкого до среднего, хранятся в специальных контейнерах неглубоко от поверхности земли. В Германии бывшая шахта «Конрад» по добыче железной руды была приспособлена для подземного хранения не выделяющих тепло отходов АЭС, исследовательских и медицинских реакторов. Тем не менее, вопрос хранения ядерных отходов в бывших шахтах является предметом юридических разногласий.

Недостаточное внимание, уделяемое ядерным отходам, первоначально можно увидеть в заявлении, сделанном в 1969 году упомянутым выше физиком и мыслителем Карлом Фридрихом фон Вайцакером. «Это не будет составлять проблемы» – сказал он. «Мне сказали, что все ядерные отходы, которые накопит Германия к 2000 году, поместятся в кубический контейнер со стороной в 20 метров. Если он надежно запечатан, упакован и помещен в шахту, то можно надеяться, что мы решили эту проблему». Тем временем, со всеобщего обозрения исчезли такие экзотические предложения, как хранение отходов в космическом пространстве, на дне океана и во льду Антарктики. Эксперты не могут решить, способны ли гранит, соль, глина или другие минералы служить основанием для долговременного хранения высокорadioактивных отходов, выделяющих тепловую энергию. У каждого из вариантов существуют свои преимущества и недостатки.

Вопрос, могут ли радиоактивные отходы быть изолированы от биосферы на сотни тысяч или на миллионы лет, в конечном счете, философский. Он бросает вызов человеческой фантазии. В конце концов, египетские пирамиды были построены всего лишь 5000 лет назад. Но ясно одно – поскольку ядерные отходы существуют, и вопрос их долговременного хранения окончательно не решен, то должно быть найдено наилучшее техническое решение, основанное на современных знаниях. Попытки избежать решения этого вопроса любой ценой не улучшат положения дел. Как пример можно рассмотреть так называемую трансмутацию, защитники которой предлагают построить специальные реакторы для разделения наиболее опасных отходов на изотопы, которые будут активны на протяжении всего лишь нескольких сотен лет. За последние несколько десятилетий лишь немногие ученые всерьез восприняли такую перспективу. Но даже сторонники этой идеи, по-видимому, на самом деле не верят, что таким образом можно значительно уменьшить количество опасных побочных продуктов ядерной технологии.

Чтобы применить на практике технологию трансмутации необходимо сначала построить инновационные перерабатывающие установки, в которых смесь высокорadioактивных изотопов будет разделена на индивидуальные элементы при помощи химических процессов, используя оборудование намного более сложное по сравнению с существующим. По сравнению с ними заводы по производству плутония в Ла-Аг и Селлафилде будут выглядеть простыми химическими лабораториями. Более того, необходимо разработать реакторы, в которых отделенные изотопы могут быть избирательно подвергнуты бомбардировке так называемыми быстрыми нейтронами и превратиться в менее опасные радиоизотопы. Даже если технически было бы возможно построить эти установки, то никто не захотел бы инвестировать в такой вид ядерной инфраструктуры. Без сомнения, данный способ уничтожения отходов будет подвержен большому риску, нежели проводимая во многих странах политика окончательного удаления отходов, то есть в аккуратно выбранных подземных хранилищах.

Постепенно и с запозданием передовые по производству ядерной энергии страны приходят к выводу, что вопрос об окончательном удалении отходов является чем-то большим чем просто научная или техническая задача. Ни одна из национальных про-

грамм, большинство из которых были запущены в 70-е гг., до сих пор не получила разрешения на осуществление (т.е. на окончательное захоронение отходов). Это происходит потому, что выбранные методики игнорируют или отвергают возражения общественности, демократическое участие и прозрачность процессов, так как все это удлинит процесс. Учась на ошибках прошлого, Германия разработала и сформулировала многоступенчатую процедуру с общественным участием. Не совсем ясно, имеются ли у этой процедуры, согласованной в 2002 г. в процессе интенсивных дебатов со специалистами как про-, так и антиядерного лагеря, реальные шансы на успех. Коалиционное правительство социал-демократов и христианских демократов, избранное осенью 2005 г., отложило рассмотрение важнейшего вопроса об определении других мест окончательного захоронения отходов помимо соляных шахт в Горлебене, подготовленных для этих целей еще в 80-х гг.

Реализация планов об окончательном захоронении, разрабатываемых в Финляндии и США, все еще в будущем. Гигантский репозиторий, расположенный в Юкка Маунтайн (штат Невада), в течение десятилетий является объектом спора. Практически достроенный репозиторий в Олкилуото (Olkiluoto, Финляндия) пользуется высоким уровнем одобрения. Большинство местных жителей были убеждены тем фактом, что в течение многих лет на атомной электростанции не происходило серьезных аварий, а также тем, что уже функционирует хранилище для низко- и среднерадиоактивных отходов.

Топливный цикл оказывается открытым не только в конце. Разработка урановых рудников для добычи материалов, на основе которых создавали атомную бомбу, а затем и топливо для гражданских ядерных установок, требовала огромных затрат, особенно на ранних стадиях. В биосферу попало огромное количество радионуклидов, которые ранее находились под землей. Поддержание и расширение использования ядерной энергии значительно увеличит затраты на здравоохранение и окружающую среду, связанные с разработкой урановых рудников.

Разведка этого тяжелого металла, который как таковой не является редким, но концентрация его мала, началась после окончания Второй мировой войны. Ужасающие последствия американских бомбардировок Японии подтолкнули союзников к разработке стратегических ресурсов. Были приложены большие усилия для расширения объемов добычи урана и защиты доступа к нему. На тот момент здоровье шахтеров и экологические проблемы имели лишь второстепенное значение. США вели разработку рудников как на своей территории, так и на территории Канады, в то время как Советский Союз разрабатывал урановые рудники на территории Восточной Германии, Чехословакии, Венгрии и Болгарии. Тысячи горняков умирали от рака легких после многих лет тяжелейшей работы в плохо вентилируемых, заполненных пылью тоннелях, зараженных радиоактивным радоном. Большинство заражений произошло на заводе «Висмут», расположенном в Восточной Германии, на котором работало более 100 000 человек. Вследствие малой концентрации урана в руде, обычно составляющей лишь десятую долю процента, накапливалось огромное количество отработанной руды. Незащищенная урановая руда содержала довольно высокие концентрации радона и других радионуклидов. Результатом явилось тяжелейшее и долготетнее радиоактивное облучение не только шахтеров, но и окружающей территории и местных жителей. Проблема была усугублена процессами добычи с использованием жидких реагентов, которые заразили окружающую территорию, открытые водоемы и грунтовые воды.

Ситуация улучшилась при промышленном подъеме выработки ядерной энергии в 70-х гг. В дальнейшем правительства перестали быть единственными покупателями ядерного топлива. Развивался частный рынок урана, а это означало, что урановым рудникам уже не приписывался военный или стратегический статус. С прекращением Холодной войны ситуация коренным образом изменилась. Резко упал спрос на уран.

США и бывший Советский Союз могли обеспечить гражданский рынок ядерным топливом из военных запасов. Более того, в процессе ядерного разоружения огромное количество ВОУ из американских и советских арсеналов ядерного оружия стало легкодоступно. Это, должно быть, наиболее комплексная программа перевода военных инструментов в состояние, когда становится возможным их гражданское применение. Огромное количество оружейного материала «разбавляется» природным или так называемым обедненным ураном (U-238, из которого был извлечен делящийся изотоп U-235) и впоследствии используется в качестве топлива на обычных АЭС. Эта новейшая разработка привела к падению мировых цен на уран, используемый на ядерных установках, это привело к тому, что теперь эксплуатируются только крупные месторождения с большим процентом урана в руде. В 2005 г. половина урана, используемого на атомных электростанциях по всему миру, не была добыта из природной руды, а появилась благодаря разбавлению ВОУ.

Однако, в обозримом будущем, уран, оставшийся со времен Холодной войны, будет израсходован. Цены на уран уже начали возрастать и будут расти ускоренными темпами. Если атомные электростанции будут продолжать работать на существующем уровне или если количество реакторов увеличится, придется снова начать использовать месторождения с низким содержанием урана в руде, что в свою очередь будет означать добычу малого количества урана и огромное количество радиоактивных отходов со всеми сопутствующими рисками для здоровья и окружающей среды. Более того, промышленность нуждается в дополнительном времени для открытия новых урановых месторождений, которого у нее не будет, если выработка ядерной энергии будет расти. Как это обычно бывает во времена дешевой нефти, а также из-за попадания на рынок большого количества оружейного урана, разведка новых месторождений сильно замедлилась и в настоящее время нам известно лишь о небольшом количестве месторождений. Более того, потребуются не менее десяти лет для поиска новых урановых месторождений и начала их разработки.

Надвигающиеся проблемы в области уранового снабжения будут усугубляться различиями между странами-поставщиками и странами-потребителями. Канада и ЮАР являются единственными странами, вырабатывающими ядерную энергию, которые не зависят от импорта урана. Ведущие страны, использующие ядерную энергию, либо преимущественно не имеют собственного производства урана (Франция, Япония, Германия, Южная Корея, Великобритания, Швеция, Испания), либо обеспечены им в меньшем объеме, чем необходимо для поддержания долгосрочного функционирования их реакторов. Поскольку снабжение топливом ограничено, ядерная энергетика не является внутренним источником энергии практически ни в одной стране мира. Россия испытывает серьезный кризис в обеспечении ураном уже через 15 лет. Далее дефицит может затронуть операторов заводов, располагающихся в странах Европейского Союза, которые в настоящее время приобретают треть своего топлива у России. Китай и Индия также могут столкнуться с дефицитом топлива, если, как заявлено, количество их реакторов будет расти.

При рассмотрении вышеприведенных рассуждений становится ясно: ни топливное снабжение, ни захоронение отходов не могут быть гарантированы в долгосрочной перспективе. Эти проблемы затронут планируемые и находящиеся в стадии строительства реакторы в некоторых странах. С ограниченными урановыми запасами или если разработка урана будет возможна только по очень высокой цене, стратегии расширения использования ядерной энергии потребуют бессрочного перехода на плутоний – с повсеместным распространением перерабатывающих установок и бридерных реакторов. Это увеличит количество высокорadioактивных отходов, которые требуют долговременного хранения. Придется ускорить поиск репозитория для оконча-

тельного захоронения ОЯТ – их потребуется больше, чтобы обеспечить захоронение огромного количества отходов.

8 Ядерная защита от изменения климата: наивные предложения

Недавно пробудившийся интерес некоторых промышленно-развитых стран к ядерной энергетике, объясняется стремлением снизить уровень выбросов парниковых газов. Это обстоятельство дает надежду сторонникам ядерных технологий на возрождение сектора, находящегося в течение десятилетий в состоянии застоя. Атомные электростанции вырабатывают малое количество углекислого газа (CO₂). Защитники ядерной энергетике таким образом рассматривают их в качестве ключевой части кампании по борьбе с глобальным потеплением. Или скажем по-другому – изменение климата возрождает надежду на то, что тенденция застоя в атомной энергетике может быть нарушена и развиваться в обратном направлении. К примеру, Вульф Бернотат, президент корпорации E.ON Ruhrgas, располагающейся в Дюссельдорфе, заявляет, что «энергетическая политика в долгосрочной перспективе должна учитывать конфликт между постепенным отказом от ядерной энергии и значительным сокращением уровня выбросов CO₂. Невозможно иметь и то и другое одновременно. Это – абсолютный обман».⁴ Как и многие другие ведущие представители традиционных отраслей промышленности, глава самой большой частной энергетической корпорации в мире бьет оппонентов мощным аргументом в защиту продолжения использования ядерной энергии. Этим аргументом является то, что защита климата обречена на провал без участия ядерной энергетике. Те, у кого существуют веские доводы против возрождения атомной индустрии, должны задаться вопросом - имеет ли этот аргумент право на жизнь.

В настоящее время подавляющее большинство экспертов убеждены, что глобальное потепление представляет собой реальную опасность. Для того, чтобы поддерживать экосистему в пригодном для жизни человека состоянии, а это означает повышение температуры на Земле не более чем на два градуса по Цельсию по сравнению с доиндустриальным периодом – мы не должны повышать уровень выбросов углекислого газа в наступающих десятилетиях. Эксперты по климату рекомендуют индустриальным странам к середине XXI века сократить уровень выбросов до 80 процентов. Страны с переходной экономикой по меньшей мере должны сократить свои растущие выбросы. В правомерной борьбе за экономическое процветание страны Юга с большой плотностью населения не должны копировать курс развития, основанный на использовании ископаемого топлива, которым шли развитые страны Севера. Тогда вопрос в следующем: есть ли у ядерной энергетике потенциал к ограничению выбросов парниковых газов до такой степени, которая необходима, и действительно ли ее использование безальтернативно, чтобы безоговорочно принять те риски, которые она в себе несет?

Ситуация осложняется тем, что глобальное потепление и серьезные аварии на АЭС – разные виды рисков, каждый из них может привести к уникальным и долгосрочным катастрофическим последствиям. Глобальное потепление по всей вероятности будет усиливаться и инициировать различные, преимущественно серьезные, изменения к худшему во всем мире если не оказывать всестороннее и решительное противодействие, а вот масштабная ядерная катастрофа базируется на вероятности, которую значительно труднее осмыслить. Авария будет иметь ужасающие долгосрочные последствия, с которыми пострадавшая страна едва ли справится в одиночку. В результате мировая экономика испытывать тяжелые последствия. Такие последствия уже имели место после катастрофы в Чернобыле, который находился вдали от основных экономических зон.

⁴ *Berliner Zeitung*, 3 декабря 2005 г.

По данным Международного агентства по атомной энергии со штаб-квартирой в Вене (МАГАТЭ), к концу 2005 года в мире функционировали 443 ядерных реактора, с общей электрической мощностью в 370 000 мегаватт. Но в течение последних десятилетий во многих странах наметился застой в развитии атомной энергетики, особенно на Западе. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) не прогнозирует серьезных изменений до 2030 года, со среднегодовым увеличением мощностей на 600 мегаватт. Т.к. устаревающие реакторы выводятся из эксплуатации, это расширение означает увеличение общемировой мощности на 4000-5000 МВт в год, т.е. на 3-4 большие АЭС. В соответствии с прогнозами Международного энергетического агентства (МЭА), принадлежащего ОЭСР, мировая потребность в электричестве значительно увеличится в течение этого периода и, таким образом, доля электричества, выработанного при помощи ядерной энергетики, уменьшится с приблизительно 17 процентов (данные на 2002 год) до 9 процентов в 2030 году. Журнал *Nuclear Engineering International* в июне 2005 г. опубликовал другие подсчеты. Указывая на то, что 79 реакторов превысили 30-летний срок эксплуатации, был сделан прогноз, что будет «фактически невозможно сохранить целый ряд атомных электростанций в ближайшие 20 лет».⁵ Вследствие ожидающегося закрытия многих реакторов в ближайшие 10 лет, необходимо будет спроектировать, построить и ввести в эксплуатацию 80 новых реакторов – по 1 реактору каждые 6 недель – просто для сохранения существующего положения. В последующее десятилетие 200 реакторов должны быть присоединены к энергетической сети – один реактор каждые 18 дней. Таким образом, это чистое заблуждение думать, что ядерная энергия может быть использована в качестве краткосрочной или среднесрочной меры противодействия глобальному потеплению.

Тем не менее, долгосрочные исследования описывают сценарий того, как в рамках амбициозных мировых попыток защиты от изменения климата ядерная энергетика может снизить уровень выбросов. Чтобы количество электричества, вырабатываемое на АЭС к 2075 году, увеличилось в десять раз, нужно вводить в эксплуатацию 35 новых реакторов каждый год, вплоть до середины столетия. Сравнительно скромная стратегия увеличения до 1,06 миллионов мегаватт (1060 гигаватт) электрической мощности АЭС к 2050 году означает трехкратное увеличение мощности по сравнению с существующим положением вещей. Это может предотвратить выброс приблизительно 5 миллиардов тонн CO₂ в 2050 г. с угольных и газовых электростанций. В общем, эти расчеты показывают нереальность замысла, как в контексте сегодняшнего положения вещей в атомной энергетике, так и в контексте прошлого опыта.

На основе исследований МЭА и по данным Межправительственной комиссии по проблеме изучения климата, к 2050 г. человечество должно сократить выбросы углекислого газа в размере от 25 до 40 миллиардов тонн. Если все доступные мировые средства употребить на расширение ядерной индустрии прямо сейчас, к 2050 г. удалось бы повысить выработку электроэнергии на АЭС всего мира с 12,5% до 20% и пропорционально уменьшить воздействие на климат. Это не сыграет решающей роли и не сделает ненужным поиск других путей уменьшения выбросов. И цена успеха будет высока не только в области экономики. Это также приведет к следующим эффектам:

- По всему миру добавится большое число объектов потенциальных катастроф;
- Появятся новые мишени для военных и террористических атак в развивающихся и переходных странах, включая районы кризисных ситуаций;
- Значительно возрастет проблема обращения с отходами, а также опасность неконтролируемого распространения ядерного оружия по всему миру;

⁵ *Nuclear Engineering International*, Июнь 2005 г.

- Вследствие скудости урановых ресурсов придется быстро заменить существующие в настоящее время легководные реакторы на бридеры, работающие с плутонием, которые уязвимы к катастрофам, а также террористическим и военным атакам;
- Использование огромных финансовых средств, изначально предназначавшихся для борьбы с нищетой в кризисных регионах, для расширения ядерной инфраструктуры.

Подверженный очевидным и вызывающим опасения побочным эффектам данный вид стратегии может иметь смысл лишь в том случае, если климатическая угроза не решается с помощью других, менее проблематичных средств. Основываясь на том, что нам теперь известно, можно сказать, что это не так. Реалистичные оценки констатируют, что даже грандиозные цели по сокращению выбросов газов, вызывающих парниковый эффект, могут быть достигнуты и без помощи ядерной энергетики. Согласно этим оценкам, к середине XXI века можно сократить выбросы углекислого газа на 40-50 миллиардов тонн (при необходимости сокращения на 25-40 миллиардов тонн), если следовать нижеперечисленным условиям:

- Улучшить энергоэффективность зданий;
- Повысить эффективность применяемых материалов до современных технологических стандартов;
- Увеличить энергетическую эффективность транспортного сектора до соответствующего уровня;
- Повысить эффективность как при выработке, так и использовании энергии в секторе энергетики;
- Чаще использовать природный газ вместо угля или нефти (переключение топлива) для выработки электроэнергии;
- Систематически увеличивать использование возобновляемых источников энергии (солнечной энергии, ветра, воды, биомассы и геотермальных источников);
- И наконец, разработать и обеспечить использование в крупном масштабе экологически чистой технологии, связанной с использованием угля (разделение и хранение двуокиси углерода, образовавшейся в результате сжигания угля на электростанциях).

Обширное исследование, инициированное Германским Парламентом в 2002 году, показало, что применение различных стратегий и инструментов может дать возможность промышленным странам (таким как Германия) сократить к середине века выбросы CO₂ на 80 процентов. Это исследование показало, что повсеместное улучшение энергетической эффективности необходимо также, как и применение возобновляемых источников энергии. Напротив, аргумент о необходимости использования атомной энергии для борьбы с изменением климата так и не был подтвержден. Растущий процент выработки ядерной электроэнергии может даже подорвать программы по борьбе с изменением климата. Трудно недооценить важнейшие выгоды от возобновляемых источников энергии и энергетической эффективности по сравнению с масштабными, централизованными, имеющими ограничение по снижению выработки электроэнергии станциями, как АЭС. После того, как выработка электроэнергии от возобновляемых источников достигнет определенного уровня, для эффективного использования ветровой или солнечной энергии потребуются установки с гибким регулированием производительности, как на газовых электростанциях, для того чтобы учитывать при-

родные колебания и наилучшим образом учесть географические особенности в условиях децентрализованной структуры выработки электроэнергии.

Более того, крупномасштабное распространение ядерной энергии – только ради распространения, по сравнению с задачей сохранения существующего уровня выработки электроэнергии на АЭС, действительно может повлиять на усилия по контролю за изменением климата – это принесет грандиозную экономическую неопределенность. Для достижения этой цели промышленности придется заменить существующие в настоящее время легководные реакторы на бридерные, вместе с заводами по переработке, что однажды в истории уже не удалось. Более того, ни над одной другой технологией не висит дамоклов меч: одной серьезной аварии достаточно для того, чтобы добиться неприемлемости атомной энергетики в глазах общественности как на национальном, так и на международном уровне. Огромное число реакторов возможно будет закрыто в связи с мерами предосторожности. И в конечном итоге, бесконечные дебаты по поводу использования ядерной энергии ведущими промышленными странами только отсрочат осуществления мер энергоэффективности. В итоге представляется возможной и целесообразной разработка национальной и международной политики, которая снизит два вида рисков - глобального потепления и катастрофических ядерных аварий. Риски, связанные с ядерной энергетикой, делают любую стратегию по борьбе с изменением климата, включающую «мирный атом», менее здоровой и новаторской, нежели в случае с неядерной стратегией. Вышеупомянутый ключевой конфликт между отказом от ядерной энергии и проблемой изменения климата выдуман сторонниками атомной индустрии, которые преследуют различные интересы. Предполагаемый конфликт является хитроумной затеей. Нет необходимости делать бессмысленный выбор между дьяволом и глубоким синим морем.

9 Дешевая ядерная энергия: если государство оплатит расходы

Атомные электростанции до сих пор играют разнообразную и важную роль в структуре энергоснабжения ядерных стран и, соответственно, в их экономических системах. Поэтому при отсутствии первостепенных стратегических или военных интересов, экономика ядерной энергетики определяющим образом влияет на будущее этих стран. Вопрос о том, приравнивается ли ядерный реактор к лицензии на производство денег или является источником огромных расходов, оценивается для каждого случая отдельно. Если реактор вырабатывал электроэнергию в течение 20 лет и есть основания верить, что он будет продолжать функционировать еще в течение такого же срока, тогда подходит предыдущая метафора. Пока теоретическая возможность аварии не становится реальностью. С другой стороны, если атомная электростанция только в проекте, тем более если это прототип новой серии, то лучше избежать реализации проекта. Это если финансовый риск не может быть переложено на третье лицо.

Для инвесторов, которые решают, какую станцию построить в условиях рыночной экономики, атомные электростанции не являются первостепенным выбором. В США, с 1973 г. строители реакторов не получали новых заказов, которые впоследствии не были бы отменены. В Западной Европе (исключение составляет лишь Франция), строители АЭС ждали нового контракта четверть века. Сейчас строится АЭС Olkiluoto в Финляндии. По данным Международного Агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), по всему миру в 2005 году в стадии строительства находились 28 атомных электростанций общей мощностью в 27 000 МВт. Приблизительно половина этих проектов находится в стадии строительства на протяжении от 18 до 30 лет. Т.к. часть этих проектов была аннулирована в процессе строительства, никто уже не верит, что эти долгострои когда-либо будут вырабатывать электроэнергию. Фактически, их реальный статус - «заброшены». Продолжающиеся проекты строительства, которые могут быть завершены в ближайшем будущем, располагаются в Восточной Азии, и строятся независимо от законов рыночной экономики. Одним словом, ситуация с заказами представляется бедственной. Мировая установленная мощность энергетических станций с 2000 г. увеличивалась на 150 000 МВт ежегодно, но на долю атомных электростанций приходится лишь 2 процента от этого количества. Только в США, дополнительные мощности, присоединенные к энергетической системе в период с 1999 по 2002 гг., составили 144 000 МВт за счет новых станций на ископаемом топливе. В Китае в период с 2002 по 2005 гг. были возведены несколько угольных электростанций общей мощностью 160 000 МВт. Даже ветроэнергетика, которая только начинает набирать обороты, пополнилась новыми установками с общей мощностью 10 000 МВт.

В условиях незначительности атомной энергетики с точки зрения колоссального роста энергопотребления по всему миру, операторы ядерных установок предпринимают решительные попытки по продлению срока действия лицензий для старых реакторов. В 2005 г. средний возраст всех эксплуатируемых реакторов в мире составлял приблизительно 22 года. Но это не помешало бывшему президенту немецкой Siemens Генриху фон Пьеру в период предвыборной кампании в Германии обратиться к кандидату на должность канцлера Ангеле Меркель с предложением продлить срок эксплуатации реакторов до 60 лет, вопреки немецкому закону об отказе от атомной энергии. Сторонники ядерной энергетики в Европе и Северной Америке добиваются того же. Все 103 реактора в США либо уже получили лицензии на продление срока службы, либо по ним поданы заявки, либо ожидается, что такие заявки вот-вот будут поданы. В качестве основания своей позиции фон Пьер указывает на «деловой смысл». По большому счету, причина роли не играет. До тех пор, пока не происходит серьезных аварий или дорогостоящих ремонтных работ, и до тех пор, пока изнашивание или корро-

зия не потребуют замены центральных компонентов, таких как парогенератор, старый реактор мощностью 1000 МВт может вырабатывать электроэнергию по низкой цене. Продление срока службы старых реакторов приводит к тому, что откладывается закрытие и демонтаж больших реакторов, которые имеют проблемы в области безопасности и экономичности эксплуатации. Также, поскольку цены на топливо составляют относительно малую часть всех расходов электростанций, операторы могут ожидать существенной прибыли. Если немецкие установки останутся в эксплуатации до 45 лет, вместо 32, что обусловлено соглашением о поэтапном отказе от атомной энергии (45 лет - средний срок службы станций на ископаемом топливе) атомная индустрия может получить дополнительную прибыль в размере 30 миллиардов евро. Масштаб объясняет, почему операторы АЭС добиваются продления срока службы реакторов во многих странах. Но эти попытки не могут помочь возрождению атомной энергетики. То, что операторы установок просят продлить сроки службы, ведет к тому, что инвестиции в новые АЭС сокращаются. Продлевая эксплуатацию старых блоков вместо строительства новых или развития неядерных технологий, энергетические компании увеличивают вероятность аварий в будущем.

Упадок в атомной индустрии продолжается. В США и Западной Европе вместе взятых существует только один проект по строительству АЭС, располагающийся на побережье Балтийского моря в Финляндии. Данный проект будет подробнее рассмотрен далее. В последние годы многие исследования показали, что новые атомные электростанции являются более конкурентоспособными, чем станции на ископаемом топливе. Основным недостатком этих исследований является то, что они не убеждают никого, кроме их авторов и издателей, а также потенциальных инвесторов. Это является главной причиной беспрецедентной степени неопределенности в отношении стоимости нового поколения реакторов. Едва ли можно найти достоверную информацию о затратах на большие блоки, особенно на их строительство, захоронение ядерных отходов и вывод из эксплуатации, также и в отношении функционирования и технического обслуживания. Аналитики встречают практически все опубликованные данные с высокой долей скептицизма. В конце концов, все эти показатели главным образом исходят от производителей, стремящихся подтолкнуть строительство новых АЭС, к тому же устанавливающих цены ниже минимального уровня. Еще одним источником информации являются правительства, ядерные ассоциации и лоббисты, которые пытаются влиять на общественное мнение путем обмана насчет низкой стоимости электричества.

Существуют также объективные проблемы. Поскольку каждая новая серия реакторов сталкивается с дорогостоящими «прорезающимися проблемами» и длительными периодами вывода из эксплуатации, потенциальные инвесторы взирают на бодрые и оптимистические прогнозы компаний, продающих реакторы, с изрядной настороженностью. Невозможно предсказать работу новой электростанции. Особенно сложно предугадать, как поведут себя в эксплуатации новые реакторы, сконструированные с использованием совершенно новой и поэтому неотработанной технологии. Строители во всех областях, включая и те, которые не связаны с энергетикой, нередко исходят из предположения, что цены не будут повышаться. До сих пор строители используют те же технологии, что и 50 лет назад, когда индустрия начала коммерческое использование атомной энергии. В 70-х и 80-х гг. производители реакторов разрабатывали все более крупные модели, основываясь на предположении, что большие установки производят более дешевую электроэнергию. Но данный переход к «экономии, обусловленной ростом масштаба производства» не решает проблем. Все еще заметна тенденция к более экономичным реакторам. Между тем, ситуация усугубляется продолжающимся застоём на рынке, что является причиной отсутствия новых разработок, готовых к применению – недавно в такой же ситуации находилась индустрия произ-

водства компьютерных дисплеев. Все это повышает уровень неопределенности, вредящий привлечению потенциальных спонсоров.

Итак, строительство реакторов означает вложить капитал в дело, сопряженное с повышенным риском, с высокими сопутствующими затратами. Помимо строительства, капитальные затраты представляют собой большую часть вложений. В основных индустриальных странах проблема также ухудшается нерегулируемостью рынка электроэнергии. Во времена широких возможностей при государственной монополии на инвестирование вложения могли окупиться, даже если реакторы постоянно выходили из строя. В настоящее время на нерегулируемых рынках электроэнергии ситуация сильно меняется. С необходимостью огромных первоначальных капиталовложений и большим периодом окупаемости ядерная энергетика не вписывается в условия рынка. Капитальные затраты для АЭС увеличиваются и, как следствие, инвесторы предпочитают вкладывать денежные средства в другие технологии. Более того, во многих странах, где отмечен прогресс в эффективности газовых установок, затраты на строительство энергетической станции в расчете на киловатт-час установленной мощности значительно ниже, периоды между подписанием контракта и запуском объекта короче, а многие детали установок производятся на заводах в «контролируемой ситуации». Более того, природный газ дешевле уранового топлива, а стоимость топлива - основная составляющая эксплуатационных затрат, поэтому у «мирного атома» вряд ли есть шанс.

Неопределенность – главный враг атомной энергетики с точки зрения инвестирования. Период с момента вкладывания средств до начала эксплуатации АЭС гораздо более продолжителен по сравнению с другими типами электростанций. В дело могут вмешиваться проблемы в области планирования, проектирования и отсрочки в выдаче разрешений, т.к. правительственные организации относятся к ядерным проектам особенно внимательно под давлением общественного мнения. Задержки могут происходить также из-за разработки новых стандартов по безопасности или потому, что антиядерные активисты подают в суд. В 1979 г. было принято решение о строительстве новейшего британского реактора Sizewell B, но введение в промышленную эксплуатацию состоялось лишь через 16 лет. Когда прототип реактора был введен в эксплуатацию, никто уже не был уверен в том, что он достигнет ожидаемого уровня производительности, что в конечном счете определяет уровень дохода от АЭС. Еще одним более важным фактором является безопасность реактора в течение полного эксплуатационного периода. В отличие от капитальных затрат, данный фактор может быть рассчитан в большой точностью. Общедоступная информация включает в себя сведения о сроке эксплуатации, времени остановки на ремонтные работы, замене топливных стержней или об отказах систем. Коэффициент нагрузки представляет собой количество выработанной энергии в процентах от того количества, которое могло быть выработано при бесперебойной эксплуатации. Рассчитываемый оператором АЭС коэффициент нагрузки обычно высок для первых реакторов определенной серии. Если реактор достигает 60% коэффициента, вместо расчетных 90% - рост издержек увеличивается на треть. Дополнительные расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт также увеличиваются. Лишь 2 процента реакторов достигают 90-процентного и более коэффициента нагрузки; лишь около сотни реакторов, функционирующих в мире, имеют 80-процентный коэффициент нагрузки.

Возвращаясь в эйфорические ранние годы, операторы обещали, что атомные электростанции будут работать в автономном режиме и тем самым потребуют меньших затрат, чем другие установки с сопоставимой мощностью. Но данный прогноз оказался чересчур оптимистичным. Правда в том, что затраты на топливо составляют лишь малую долю эксплуатационных затрат. Но эта доля повышается, если вместо «свежего» уранового топлива используется плутониевое МОКС-топливо. Затраты на эксплуата-

цию и техническое обслуживание выше, чем, например, в случае с газовой электростанцией. В конце 1980-х и начале 1990-х гг. в США некоторые АЭС были выведены из эксплуатации, т.к. намного дешевле было строить и вводить в эксплуатацию новые газовые электростанции.

В отличие от других станций, на АЭС тратятся огромные средства даже после нескольких десятилетий эксплуатации. Они включают в себя хранение ядерных отходов, охрану остановленных реакторов и их конечный демонтаж, следующий за более или менее продолжительным периодом остывания. Инвестиции, необходимые для выполнения этих задач, должны быть обеспечены в период эксплуатации, за счет включения необходимой суммы в тариф на электроэнергию. Объем затрат, включая страхование на случай аварии, различаются в зависимости от страны. Их сложно оценить, потому что эти затраты придется производить на протяжении длительного периода времени. Таким образом, часть затрат возложена на плечи будущих поколений и это обстоятельство также ведет к неопределенности в области финансирования полного цикла реактора, а также в отношении определения полной цены атомного электричества.

В некоторых странах обсуждается рост интереса к атомной энергии, сравнимый с бумом 1970-х, однако в реальности не происходит фундаментальных изменений. За исключением продления срока службы реакторов мало что произошло. Новых проектов почти нет. Большинство АЭС, находящихся в данное время в стадии строительства, основываются на индийской, российской или китайской технологиях. Ведущие западные компании продолжают демонстрировать абсолютно пустые книги заказов. Американская компания Вестингхаус (Westinghouse) получила за последнюю четверть века лишь один заказ на строительство реактора. Заказ на строительство реактора на АЭС Okiluoto (Финляндия) является единственным для компании Фраматом (Framatome ANP: 66% владеет французская ядерная группа Areva и 34 % - немецкая Siemens) за последние 15 лет. Таким образом, идея «ренессанса ядерной энергетики» принадлежит политикам и журналистам, а не поставщикам реакторов. Они верят, что существующая политика в области энергетики поможет удовлетворить краткосрочные обязательства в области предотвращения изменения климата, а также избежать нехватки электроэнергии. Это имеет последствия. Чем больше политиков будет говорить о «ренессансе» ядерной технологии, тем больше потенциальные инвесторы будут требовать государственных гарантий.

Администрация Буша заняла серьезную позицию в защиту продления срока службы реакторов, располагающихся на территории США. Периодически возникающая в главных штатах страны (например, в Калифорнии) нехватка электроэнергии, а также перебои в поставках вроде бы оправдывают строительство новых АЭС. Дискуссия подпитывается возрастающей обеспокоенностью глобальным потеплением, последствием которого считаются катастрофические ураганы 2005 г. Однако это до сих пор не привело к строительству новых реакторов или даже выдаче разрешения на строительство. Некоторые компании пытаются получить комбинированные лицензии на строительство и эксплуатацию новых реакторов. Но как они любят говорить, это невозможно без государственной поддержки. Ожидаемая цена только процесса получения разрешения на использование реакторов нового типа составляет приблизительно 500 миллионов долларов. И это при том, что никто не знает точно, во сколько обойдется строительство самих реакторов. Для того чтобы сохранить уровень безопасности, компании запрашивают субсидии в миллиарды долларов, которые президент Буш в настоящее время планирует предоставить. Новые субсидии, предоставленные Конгрессом США летом 2005г. на ядерную энергетику, составляют 3,1 миллиарда долларов сроком на десять лет. Среди прочих рисков, правительство также намерено застраховаться от задержки строительства. Потенциальные инвесторы уже запросили вестеронний льготный пакет: в качестве условий инвестирования, они потребовали,

чтобы финансирование не облагалось налогом, а также цены, по которым будет в последствии продаваться электричество, были гарантированы государством. Государство также предполагает принимать на себя обязательства по ликвидации серьезных аварий, а также решать вопросы, связанные с захоронением отходов. После длительной задержки частично приватизированная французская компания Электрисите де Франс (EDF) в 2004 г. объявила о строительстве европейского реактора с водой под давлением (EPR), а именно Фламанвиль в департаменте Манш. Но правительство Франции не выразило желания финансировать данный проект. Бывший директор EDF Франсис Роззели заявил, что причинами строительства данного типа реактора в ближайшем будущем является не выработка электричества, а «поддержка европейской промышленной экспертизы в этой области».⁶ Другими словами, мотивы строительства установки EPR во Франции основываются не на энергетической политике, а на промышленных и политических целях.

Политические мотивы играют очень важную роль в крайне спорном решении финского Парламента о строительстве нового реактора. Эти мотивы выросли из непомерного энергетического аппетита, растущего на протяжении уже двух десятилетий. Финляндия тратит в 2 раза больше электроэнергии на душу населения по сравнению с обще-европейским уровнем. В то же время политики обеспокоены чрезмерной зависимостью от российского газа, а также необходимостью соблюдать условия Киотского протокола, требующего сокращения выбросов углекислого газа. Заказ на строительство EPR на берегу Балтийского моря исходил от TVO – финской компании, владеющей энергораспределительной системой. Государство владеет 43% акций этой компании. С момента официального начала строительства в августе 200 г., международное ядерное сообщество рассматривает проект как доказательство привлекательности АЭС для инвесторов даже на нерегулируемом рынке электроэнергии. Но данная позиция должна оцениваться с долей скептицизма. Не похоже, что данный тип реактора будет иметь шансы в условиях справедливой конкуренции.

Финансирование стало возможным в результате соглашения, согласно которому приблизительно 60 акционеров TVO - в основном мелкие энергокомпании – получили гарантии того, что электричество, выработанное реактором, будет продано по относительно высокой цене. TVO, как покупатель реактора, и Framatome ANP, как производитель, согласились на фиксированную цену финского реактора – 3,2 миллиарда евро. Данный тип контракта, являясь необычно привлекательным для покупателя, стал возможен благодаря необходимости для Framatome ANP получить заказ любой ценой после более чем десятилетия инвестиций в разработку этого реакторного дизайна. Уже после первых предварительных подсчетов стало ясно, что консорциум Areva/Siemens сильно занижил цену прототипа реактора EPR, чтобы получить преимущества перед конкурентами как в ядерной энергетике, так и среди производителей станций на ископаемом топливе.

В процессе разработки реактора в 1990-х конструкторы постоянно стремились к увеличению мощности. Иначе было бы трудно обеспечить рентабельность. С проектной мощностью в 1750 МВт и выходной мощностью в 1600 МВт, EPR стал наиболее мощным в мире, что значительно усложняет его интеграцию в большинство энергетических систем. Теоретически у реактора есть серьезные преимущества в конкурентной борьбе с другими реакторами и неядерными энергетическими станциями, но на практике будет чрезвычайно трудно добиться реализации этих преимуществ. Обещания включают в себя: срок строительства - 57 месяцев, коэффициент загрузки - 90%, уровень эффективности - 36 процентов, технический срок эксплуатации - 60 лет, количе-

⁶ Франсис Роззели, *op.cit.*

ство потребляемого урана на 15 процентов ниже, чем у других реакторов, более низкие эксплуатационные затраты, а также низкие затраты на техническое обслуживание.

Эксперты полагают, что каждый из предполагаемых показателей является чересчур оптимистичным. Еще ни разу в истории строительство какой-либо ядерной установки не укладывалось в предполагаемые проектные сроки, а построенный реактор не соответствовал обещанному коэффициенту нагрузки. Framatome ANP попросту не может знать заранее о возможных задержках строительства, внезапных отказах систем в начале эксплуатационного периода или о внеплановом временном прекращении эксплуатации с целью проведения ремонтных работ. Несмотря на это, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание EPR предполагаются на гораздо более низком уровне, чем затраты на существующих сейчас реакторах, в течение срока эксплуатации в 60 лет. Еще предполагается, что различные системы безопасности сделают EPR безопаснее, но не дороже по сравнению с существующими реакторами.

Трудно себе представить, чтобы все эти обещания были выполнены на АЭС Olkiluoto. Даже если цели будут достигнуты – к примеру, время строительства – расчетная стоимость в 3,2 миллиарда евро кажется достаточно низкой. Об этом было сказано в контексте заявлений о строительстве 10 реакторов EPR. В других областях промышленности существует четкое определение для таких предложений – это называется «дэмпинг».

Если затраты на строительство фактически увеличатся, то проект быстро превратится в финансовую катастрофу для Framatome ANP, т.к. фиксированные цены уже согласованы с финскими заказчиками. Последует незамедлительный крик о помощи, обращенный к государству. А это уже является вопросом обеспечения безопасности финансирования. Немецкий банк Bayerische Landesbank играет в этом вопросе значительную роль. Правительство Баварии владеет 50-ю процентами акций этого банка, штаб-квартира которого располагается в Мюнхене, также как и штаб-квартира строящейся реакторы компании Siemens. Банк является партнером международного консорциума и предоставляет ссуду в размере 1,95 миллиардов евро (с процентной ставкой в 2,6%) на проект по строительству EPR в Финляндии. Правительство Франции оказывает поддержку компании Framatome ANP, которой владеет Areva, через предоставление экспортных кредитов и гарантий. Эти кредиты фактически предназначены для инвестиций в политически и экономически нестабильные страны. Сумма кредита – 610 миллионов евро, обеспечивает его экспортно-кредитное агентство Кофэйс (Coface). Европейская федерация возобновляемых источников энергии (European Renewable Energies Federation (EREF)), подала жалобу в комиссию Европейского союза на нарушение европейских правил конкуренции вследствие того, что для реализации проекта EPR были предприняты согласованные усилия нескольких государств.

Ясно одно: без государственной поддержки не могло быть принято ни одно решение, относящееся к строительству EPR. В данном случае поддержка была оказана как странами, в которых находятся производители реактора, так и страной, в которой реактор строят. Очевидно, что ядерная энергетика может конкурировать лишь там, где происходит ее субсидирование. Или же в странах, где существует соответствующая государственная доктрина в отношении ядерной технологии и где затраты играют второстепенную роль. Таким образом, где бы не планировалось строительство новых реакторов в условиях рыночной экономики, мы должны понимать, что инвесторы будут получать поддержку со стороны государства в виде обеспечения гарантий. Они будут направлены на избавление инвесторов от повышения затрат на строительство, непредвиденных задержек, колебания цен на топливо, издержек из-за временного прекращения эксплуатации реактора, демонтажа, и затрат на захоронение отходов. В конечном итоге, правительства должны бороться с последствиями каждой серьезной аварии, сопровождающейся масштабными радиоактивными выбросами. Ни одна

страна в мире не может справиться в одиночку с таким бременем. В то время как страховые компании создают стратегии, различные для разных стран, основанные на соответствующих ожидаемых общих затратах, доля возмещения ущерба, которую они готовы возместить в каждом конкретном случае, смехотворно мала.

Таким образом, ядерная индустрия находится в абсолютно уникальной ситуации. Через полвека после возникновения коммерческого рынка гражданских атомных технологий, при миллиардных субсидиях, ядерная индустрия до сих пор нуждается в поддержке государства и получает ее, при возникновении любого нового проекта, как если бы ей была необходима помощь для выхода на рынок впервые. Удивительно, что такая ситуация поддерживается политиками, которые во всех прочих случаях требуют обеспечения работы рыночных механизмов в энергетическом секторе. Во многих промышленно развитых странах эти политики, похожие друг на друга, устраивают кампании против субсидий для использования энергии возобновляемых источников – солнца, ветра, воды, биомассы и геотермальных источников. Тем не менее, существует разница между ядерной энергией, «будущее» которой находится в прошлом, и возобновляемыми источниками энергии, будущее которых еще впереди.

10 Заключение: Ренессанс заявлений

Под влиянием возрастающего климатического и энергетического кризиса в ряде ведущих стран начался новый виток энергетических дебатов. Пропагандируемый разработчиками реакторов и их лоббистами в средствах массовой информации «ядерный ренессанс» может привести к принятию решений с далеко идущими последствиями. Большинство мировых реакторов, построенных во времена первого и скорее всего последнего промышленного подъема в ядерной энергетике, приближаются к концу их проектных сроков эксплуатации. Через десять лет, а особенно в последующее за этим десятилетие, мощность ядерной энергетике будет быстро уменьшаться. Придется принимать решение либо о строительстве новых, неядерных электростанций, либо об увеличении производства электроэнергии на АЭС. Некоторые ведущие страны уже задаются вопросом, нужно ли сохранять устаревающие электростанции в энергетической системе сверх их проектного срока эксплуатации. Продление срока эксплуатации является более привлекательным решением для энергетических компаний, которые могут таким образом отсрочить инвестиционные решения объемом в миллиарды евро, а также получить прибыль от обесценивающихся старых реакторов. Менеджеры компаний создают неизбежный дополнительный риск. Конечно же они не ожидают серьезной аварии на атомной электростанции, которую обслуживает их компания, или на электростанции, находящейся в их непосредственной компетенции. И здесь их интересы расходятся с интересами общественности. Реактор с продленным сроком эксплуатации создает несоразмерный риск катастрофы. Если все или большинство реакторов будет функционировать в течение продолжительного периода времени, то суммарный риск значительно возрастает.

Нахождение адекватного решения о поддержке мирового энергообеспечения в условиях быстрого увеличения численности населения и предельного расхождения в уровне обеспечения материальными благами – задача, которая выходит далеко за рамки вопроса о судьбе ядерной энергетике. Ответственность ложится на все развитые промышленные страны и многие развивающиеся, которые используют атомную энергию в небольшом объеме. Ясно, что новая энергетическая структура не должна зависеть от больших ядерных установок. Также ясно и то, что будущее не должно включать в себя «ренессанс» рискованной технологии, возникшей в середине прошлого века, основанной на традиционных экономико-энергетических интересах того времени.

Возможно, «ядерный ренессанс» еще состоится. Но пока есть лишь «ренессанс» заявлений на тему ядерной энергетике. Приближающаяся двадцатилетняя годовщина аварии на Чернобыльской АЭС также вызвала возрождение критики в адрес данного типа выработки электроэнергии, и для некоторых людей, возрождение надежды. В ряде стран вновь разгораются социальные и политические дебаты по поводу формирования будущей энергетической политики. Результат этих дебатов неясен. Один единственный проект АЭС в Финляндии ничего не доказывает. Нескольких новых проектов строительства АЭС, о которых было заявлено в разных странах мира, недостаточно даже для поддержания выработки электроэнергии на АЭС на прежнем уровне. Таким образом, новые атомные электростанции строятся только там, где данный тип выработки электроэнергии поддерживается государственной доктриной, или где государственные органы готовы предоставить основные виды страхования как рисков, связанных с безопасностью, так и финансовых рисков. Те, кто хочет построить новые атомные электростанции – или побуждают к этому государственных деятелей как, например, это происходит сейчас в США – нуждаются в государственной поддержке, какую получили ядерные первопроходцы в 60-х гг.

Звучит парадоксально, но ядерная энергетика была успешно представлена на рынке из-за того, что не существовало достаточно рыночных механизмов, которые бы продемонстрировали ее неконкурентоспособность. В то время существовала монополия государства на сети распределения энергии, а энергоснабжение рассматривалось как «естественная монополия», энергия рассматривалась как предмет первой необходимости и сектор контролировался компаниями, которыми владело и управляло государство. В большинстве промышленно развитых стран государство также задавало тон по внедрению ядерной энергетики в энергосистему, первоначально для осуществления военных программ, а позднее, частично или полностью, для гражданских (индустриальных) целей. Правительство покрывало грандиозные затраты на исследования, разработку и представление ядерной технологии на рынке, либо непосредственно, либо путем возложения затрат на потребителя через формирование цен на электричество, отпускаемое энергетическими компаниями. В настоящее время строительство новых атомных электростанций не является привлекательным предметом для этих компаний на нерегулируемом рынке электроэнергии.⁷ Существуют менее дорогие альтернативы, которые несут такой же уровень экономических рисков. Вот почему при рыночных условиях не будет построена ни одна новая атомная электростанция, даже если общий спрос на электроэнергию, а также общая мощность установок увеличатся. Если только правительства вновь не пойдут по пути принятия на себя основных рисков, как уже однажды случилось при выведении ядерной индустрии на рынок. Этого курса придерживаются финны. Еще одна причина, по которой данный курс не годится для всех - разработчики энергетических станций, конкурирующие с атомной индустрией, не останутся в стороне и постараются предотвратить очередной виток государственной поддержки для технологии полувекковой давности. Финский проект уникален потому, что после 20 лет с начала разработки Европейского реактора с водой под давлением, у Framatome ANP возникла необходимость продемонстрировать свою технологию в работе и владельцы этой компании (Areva и Siemens) пошли ради этого на значительный финансовый риск. Если вспомнить 1992-й, то уже тогда Siemens и Framatome заявляли, что EPR – это «немецко-французская атомная электростанция для европейского и мирового рынка», который первым делом покорит внутренний рынок по обе стороны от Рейна, а затем распространится в «страны третьего мира». Первоначально планировалось, что строительство первых двух блоков EPR начнется в 1998 г. А еще раньше, в 1990 г., немецкий журнал *Wirtschaftswoche* объявил о завершении ядерного застоя в статье под названием «Ядерный ренессанс».

В начале XXI века сбалансированная оценка всех аспектов ядерной энергетики приводит к ясному выводу. По существу это то же самое заключение, что и 30 лет назад: риск аварии с катастрофическими последствиями, который ставит вопрос о приемлемости ядерной энергетики, не исчез. Новые риски, связанные с угрозой террористических актов, категорически перечеркивают перспективы распространения технологии в нестабильных регионах мира. На глобальном уровне расширение выработки электроэнергии на основе ядерной технологии приведет к нехватке уранового топлива или потребует глобального перехода на бридерную технологию. Это приведет к повышению риска возникновения катастрофических аварий, террористических атак и распространения ядерных материалов. В конечном итоге, практически все страны оставили в прошлом попытки добиться снижения затрат на бридерные реакторы. С бридерной технологией или без нее, необходимо решать проблемы окончательного захоронения отходов. Эта проблема крайне актуальна на данный момент, однако для нее пока возможно только относительное решение. Одно это уже достаточная причина, чтобы не

⁷ Adolf Hüttl: "Ein deutsch-französisches Kernkraftwerk für Europa und den Weltmarkt", speech given at the winter session of the Deutsches Atomforum, Bonn 1992, manuscript.

усугублять возможно самую крупную проблему человечества – накопление опасных отходов.

Ядерная энергетика не может решить глобальную проблему изменения климата. Даже если глобальный ядерный потенциал утроится к середине XXI века, это лишь немного облегчит нагрузку на климат. И это столь же нереалистично, сколь и безответственно, вследствие недостаточного производственного потенциала, огромных затрат и возрастающих рисков. По всей вероятности, и к этому есть предпосылки, в результате старения существующих реакторов, мировая установленная мощность на АЭС будет снижаться в течение ближайших десятилетий. В то же время, существует устойчивое мнение, что глобальная энергетическая стратегия должна опираться, главным образом, на интенсивное регулирование потребления энергии в различных областях промышленности, в транспортном секторе и теплоснабжении, а также на развитие возобновляемых источников энергии. Такая стратегия приводит к снижению уровня выбросов CO₂ до нужного уровня и не прибегая к помощи ядерной энергетике. Связанные с этим действия являются заведомо беспрецедентными и нуждаются в глобальной климатической политике, разделяемой всеми странами, выбрасывающими большое количество парниковых газов. Выдуманный ядерной промышленностью конфликт между «решением проблемы изменения климата и поэтапным свертыванием атомной энергетике» очевидно превращается в сказку.

Очевидно, что в ближайшем будущем не произойдет «ядерного ренессанса» без соответствующих государственных субсидий. То есть «ренессанс» все-таки возможен. Энергетические компании стремятся к получению прибыли от старых, обесценивающихся реакторов, а политики стремятся к возрождению ядерной энергетике, опасаясь скачка цен на энергию или из-за изменения климата. Современные дебаты в США усиливаются не только из-за таких опасений, но и в связи с событиями за границей: из-за строительства нового реактора в Финляндии, задержки поэтапного вывода из строя АЭС в Германии, и недавно возникших разговоров о строительстве новых реакторов в Великобритании. Политики мыслят своими категориями и работают с теми, кто им хорошо известен. Многие из них с удовольствием примут решение о новых субсидиях на развитие атомной энергетике, через более чем 50 лет с начала эры атомных электростанций – как если бы это было самым обычным решением, против которого нет аргументов.

Даже пол-шанса будет достаточно, чтобы дебаты о реакторах снова разгорелись. Но АЭС не смогут решить проблему изменения климата и не помогут снизить цены на электроэнергию. Вместо этого повысится риск катастрофических аварий, а способные принести результат стратегии по борьбе с изменением климата не получат должного внимания. Подведем итог: как и в самом начале дебатов об атомной энергетике в 1970-х и 1980-х, на стороне антиядерных сил сейчас более сильные аргументы.

Фонд имени Генриха Бёлля

Фонд Генриха Бёлля является политическим фондом, близким к партии «Союз 90/Зелёные» (Германия), располагающимся на Hackesche Hoefe в сердце Берлина. Фонд обладает самостоятельным юридическим статусом и в своем нынешнем виде существует с 1997 г..

Приоритетной задачей Фонда является политическое просвещение в пределах Германии и за границей, содействие расширению участия граждан в общественной и политической жизни, углублению взаимопонимания между народами.

Фонд поддерживает деятельность в области искусства и культуры, науки и исследований, а также международного сотрудничества. Его деятельность нацелена на достижение справедливого миропорядка. Фонд пропагандирует фундаментальные политические ценности, такие как экология, демократия, гендерное равенство, солидарность и отказ от насилия.

Посредством международного сотрудничества и взаимодействия с партнерами – в настоящее время осуществляется около 100 проектов в почти 60 странах – Фонд стремится усиливать экологическую и гражданскую активность на глобальном уровне, способствовать обмену идеями, всегда быть наготове.

Сотрудничество Фонда Генриха Бёлля с партнерами в области общественно-политических образовательных программ носит долгосрочный характер. Важную роль здесь играют программы обменов и программы обучения для активистов, которые увеличивают обмен опытом и улучшают политическое взаимодействие.

Фонд Генриха Бёлля имеет приблизительно 180 постоянных сотрудников и приблизительно 320 членов, которые обеспечивают финансовую и нематериальную помощь.

Ральф Фукс и Барбара Унмусиг входят в управляющий совет. Доктор Биргит Лобак – генеральный директор Фонда.

Два дополнительных органа образовательной работы Фонда: «Зелёная Академия» и «Феминистский Институт».

В настоящее время Фонд имеет представительства в США и на арабском Ближнем Востоке, в Афганистане, Боснии и Герцеговине, Бразилии, Камбодже, Хорватии, Чешской Республике, Сальвадоре, Грузии, Индии, Израиле, Кении, Ливане, Мексике, Нигерии, Пакистане, Польше, России, Южной Африке, Сербии, Таиланде, Турции, и офисе для ЕС в Брюсселе.

В 2005 г. Фонд имел в своём распоряжении почти 36 миллионов €.

Heinrich Böll Stiftung, Hackesche Höfe, Rosenthaler Str. 40/41, D-10178 Berlin, Germany,
Tel: +49-30 285 340, Fax: +49-03 285 31 09, info@boell.de; www.boell.de

Ядерная энергия: миф и реальность – является одной из шести публикаций Фонда Генриха Белля, посвященных проблемам атомной энергетики. Публикации приурочены к 20-летней годовщине аварии на Чернобыльской АЭС. Издание дает современный обзор происходящих в настоящий момент дебатов относительно использования атомной энергии в мире. Целью издания является предоставление исследовательской информации специалистам, журналистам, активистам, общественности.

Серия публикаций, посвященных ядерным проблемам

Редактор: Феликс Кристиан Маттес

Ядерная энергия: мифы и легенды. Автор: Г. Розенкранц

Ядерный реактор как источник опасности. Автор: А. Фроггатт

Ядерный топливный цикл. Авторы: Кройш, В. Ньюманн, Д. Аппель, П. Диль

Ядерная энергия и проблема ядерного распространения. Автор: О. Нассауэр

Экономические аспекты ядерной энергетики. Автор: С. Томас

Ядерная энергия и климатические изменения. Автор: Ф. Кр. Маттес



В соавторстве с

Публикации по проблемам ядерной энергетики на www.boell.de/nuclear