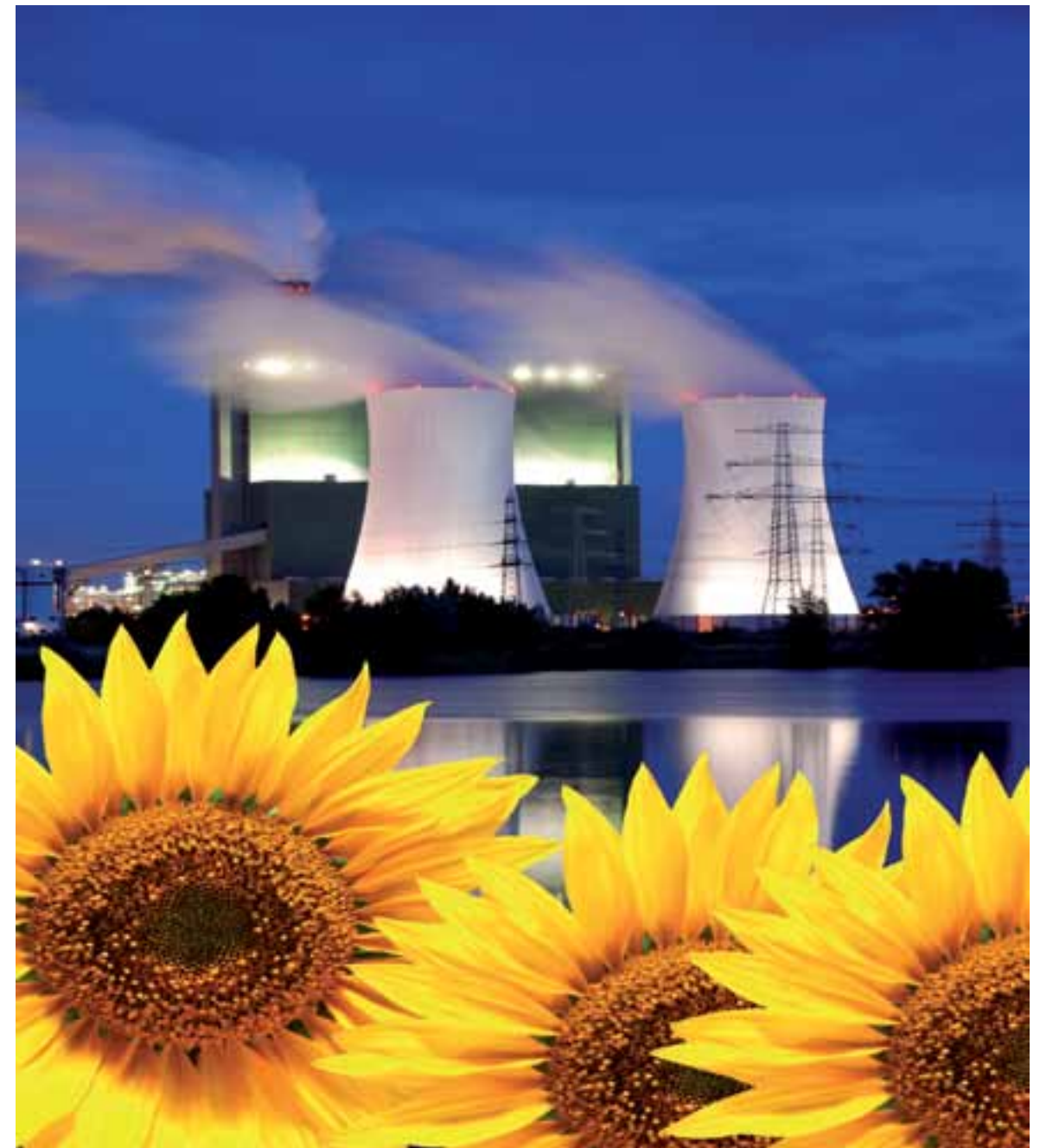


ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ: МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ

Тематические исследования по ядерной энергетике
второе издание



ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ: МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ

HEINRICH BÖLL STIFTUNG
КИЇВ

Фонд Генриха Бёлля,
ул. Антоновича (Горького), 37/13, оф.10, Киев, Украина,
тел.: +38 044 390 7078;
факс: +38 044 287 5660;
e-mail: info@boell.org.ua; www.boell.org.ua



ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ: МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ
Тематические исследования по ядерной энергетике

второе издание,
переработанное и дополненное

Фонд Генриха Бёлля (Heinrich Boell Foundation)



HEINRICH BÖLL STIFTUNG КИЇВ

Ядерная энергия: мифы и реальность, 2-е издание. Издатель: Представительство Фонда имени Генриха Бёлля в Украине и Экоклуб (Ровно).

Фонд Генриха Бёлля,
ул. Антоновича (Горького), 37/13, оф.10, Киев, Украина,
тел.: +38 044 390 7078;
факс: +38 044 287 5660;
e-mail: info@boell.org.ua; www.boell.org.ua

Экоклуб, а/я №73, Ровно, Украина,
тел.: +38 0362 237 024;
факс: +38 0362 237 024;
e-mail: office@ecoclubrivne.org; www.ecoclubrivne.org

Редактор
Мартынюк А.Н.

Верстка
Першогуб В.С.

Оглавление

Мифы об атомной энергии. Как энергетическое лобби обманывает нас.	5
Энергетические стратегии будущего: препятствует ли атомная энергия необходимым системным реформам?.....	63
Экономические аспекты атомной энергии	127
Атомное оружие и атомная энергия – сиамские близнецы или решение двойного нуля?.....	215
Атомное оружие, энергетическая безопасность, изменение климата – пути разрешения ядерной дилеммы	267
Эксплуатация ядерных энергоблоков в сверхпроектный срок. Мировая практика и особенности процесса в Украине.....	291
Об авторах.....	348
Сокращения и глоссарий.....	350



Мифы об атомной энергии. Как энергетическое лобби обманывает нас.

Герд Розенкранц



Предисловие: тупик атомной энергетики

Если послушать раздающиеся то там, то тут голоса, рассказывающие нам о некоем ренессансе атомной энергетики, то может создаться впечатление, что число новых атомных электростанций стремительно и неуклонно растёт. И действительно, в статистических сводках мы видим 60 строящихся станций, большинство из них в Китае, остальные – в России, Индии, Южной Корее и Японии. США представлены единственным проектом. Отметим, что в этом списке (VGB Power Tech) присутствуют и многочисленные долгострои, представляющие собой скорее руины.

Кроме того, мы имеем заявления о намерениях построить ещё примерно 160 новых атомных электростанций к 2020 году, из них 53 в Китае и 35 в США, далее идут Южная Корея и Россия. Из европейских стран в этом списке лидирует Великобритания с восемью запланированными станциями, за ней следуют Швейцария, Финляндия, Румыния и Литва. Франция, которая так стремится осчастливить мир новыми атомными станциями, сама планирует построить только одну новую АЭС. У большинства европейских стран нет конкретных планов по развитию атомной энергетики.

В действительности же число атомных электростанций в мире неуклонно сокращается. Сейчас в эксплуатации находятся 436 реакторов. В ближайшие 15-20 лет количество отключаемых старых установок будет превышать число новых, вводимых в эксплуатацию. Далеко не все планы по строительству будут реализованы. Чем больше рынков электроэнергии будут открываться для свободной конкуренции, тем меньше будет шансов у атомной энергетики.

Резко возрастают и расходы на новые установки. Так, например, стоимость строительства новой АЭС в финском Олкилуото уже выросла с 3 до 4,4 миллиардов евро, хотя строительство ещё только началось. Добавим к этому нерешённые проблемы с захоронением отходов и потенциальную аварийность данной технологии. Ни одна частная энергетическая компания не решается строить АЭС без государственных субсидий и гарантий. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что новые АЭС строятся прежде всего там, где государство и энергетические предприятия образуют сомнительный альянс.

Государство и ранее поддерживало атомные электростанции крупномасштабными субсидиями. Для Германии расчёты дают сумму порядка 100 миллионов евро, и такое привилегированное положение АЭС сохраняется до сих пор. Так, например, миллиардные резерв-

ные фонды на утилизацию атомных отходов и на демонтаж электростанций являются для концернов огромным маневренным фондом, освобождённым от налогообложения. А степень ответственности эксплуатирующих компаний ограничена 2,5 миллиардами евро – это лишь незначительная доля того ущерба, который может вызвать даже авария средней тяжести. В итоге мы видим, что атомная энергия является дорогой и опасной.

К этим общеизвестным аргументам против атомной энергетики добавляются и другие. Во-первых, угроза неконтролируемого распространения ядерных технологий растёт вместе с ростом количества АЭС во всём мире. Не существует непреодолимого барьера между гражданским и военным применением таких технологий, несмотря на все усилия по контролю за ними, предпринимаемые Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ). Последним примером может служить Иран. Того, кто старается избежать контроля, в конечном счёте невозможно к чему-то принудить. Вместе с развитием атомной энергетики увеличивается и потребность в создании технологических схем переработки облучённого топлива и быстрых реакторов-размножителей для производства ядерного топлива. В обоих случаях мы имеем дело с плутониевым циклом, в ходе которого образуются огромные количества расщепляющихся материалов, пригодных для создания бомб – ужасная перспектива!

Во-вторых, увеличение срока службы имеющихся АЭС и тем более строительство новых серьёзно затормозило бы развитие возобновляемых источников энергии. Утверждение, будто атомная энергия и возобновляемые источники дополняют друг друга, является мифом. Они не просто конкурируют в борьбе за небольшой инвестиционный капитал и за энергетические сети; АЭС вследствие их негибкого режима работы ограничивают потенциал развития ветряной энергетики. Уже сейчас в ветреные дни с небольшим потреблением электроэнергии ветряная энергетика почти полностью покрывает потребности Германии в электричестве. Но поскольку работающие АЭС (как и большинство угольных электростанций) по технико-экономическим причинам не могут резко снизить выработку энергии, излишки электроэнергии приходится с убытками экспортировать за границу. Если это и абсурд, то весьма продуманный.

С какой стороны ни посмотреть: атомная энергия не может внести решающий вклад в защиту окружающей среды и не нужна для обеспечения надёжности энергоснабжения. Как раз наоборот: тот, кто по-настоящему стремится развивать возобновляемые источники

энергии, просто обязан выступить против строительства новых или увеличения срока службы имеющихся АЭС. Атомная энергия совершенно непригодна в качестве переходной стадии к эпохе солнечной энергии.

Мы благодарим Герда Розенкранца за чрезвычайно интересное эссе, а издательство “Oekom” – за включение „Мифов об атомной энергии“ в свою серию „Мысли поперёк“.

И напоследок ссылка: фонд им. Генриха Бёлля планирует издание целого ряда масштабных работ на тему атомной энергии в течение 2010 года. Мы настоятельно рекомендуем эти издания всем, кто интересуется деталями и фактами, касающимися этой актуальной темы. Подробную информацию вы найдёте на нашем сайте <http://www.boell.de>

Берлин, январь 2010 года

Ральф Фюкс (председатель фонда им. Генриха Бёлля)

Введение: Форсмарк – 22 минуты страха и паники

Это произошло 25 июля 2006 года, в 13 часов 19 минут: электрики выполняли работы по техническому обслуживанию трансформаторной подстанции неподалёку от шведской АЭС в Форсмарке и у них произошло короткое замыкание. Такое случается. Случается везде, где вращаются огромные турбины и из блоков электростанций выходят огромные объёмы электроэнергии. Обычно подобные аварии в сети не вызывают каких-либо серьёзных сложностей на электростанциях. Системы безопасности готовы к таким событиям. Реактор отключается от аварийной сети, прежде чем короткое замыкание во внешней сети проникнет внутрь. В крайнем случае реактор автоматически отключается и с помощью систем аварийного охлаждения постепенно приводится в безопасное состояние, потому что в его недрах ещё несколько дней продолжается горячий распад радиоактивного вещества.

Но в тот вторник всё в Форсмарке пошло не по плану. Отключение от сети произошло с запозданием и заурядная авария вызвала целый каскад дальнейших осложнений, что привело к коллапсу большей части электрических систем безопасности на первом блоке реактора с кипящей водой. Отключились два из четырёх дизельных генераторов, которые в случае серьёзных неполадок должны снабжать электроэнергией системы управления реактором и насосы аварийного охлаждения. 22 мучительно долгих минуты, на протяжении критической фазы аварии, экраны в центре управления оставались чёрными, датчики не давали сигналов о цепной реакции в установке, частично онемели громкоговорители, которые должны были опове-

стить сотрудников о тревоге и эвакуации. Отсутствовала жизненно важная информация о положении стержней, регулирующих цепную реакцию в активной зоне реактора, и об уровне охлаждающей воды в баке. Реактор закончил свой „слепой полёт“ лишь когда один из техников сумел вручную, нажатием кнопки, запустить отключившиеся дизельные двигатели, и центральные системы измерений и безопасности получили электроэнергию.

Шведское ведомство по атомной энергетике SKI вскоре установило, что главной причиной эксцесса на реакторе с кипящей водой Форсмарк-1 стал отказ двух инверторов. Из-за них и не могли подключиться два из четырёх агрегатов резервного питания. Впрочем, восстановить точную последовательность событий оказалось нелегко из-за отказа в решающий момент большей части систем контроля реактора. Поэтому остались вопросы. Главный из них: эксперты не смогли выяснить, почему инверторы, обеспечившие запуск оставшихся двух дизельных генераторов, среагировали на скачок напряжения в энергоснабжении реактора не так, как другие два инвертора аналогичного типа. Ясно одно: если бы они это сделали, то реактор с высокой долей вероятности вышел бы из-под контроля. В этом случае были бы деактивированы все четыре элемента системы защиты реактора и, по мнению шведского атомного контроля, это привело бы „к отключению снабжения переменным током всей установки резервного питания и к последствиям, не предусмотренным требованиями по безопасности станции“ (Общество по безопасности станций и реакторов, 2006). Подобная авария не была предусмотрена ни в одной инструкции, и не существовало никаких методов её устранения – вероятно, и никакой возможности.

1. Первый миф: атомная энергия безопасна

Происходившее тем летним днём в 2006 году на шведском побережье Балтики зловеще напомнило о двух событиях, которые уже десятки лет бросают тень на гражданское использование атомной энергии: это катастрофы реакторов в Харрисбурге (март 1979 года) и Чернобыле (апрель 1986 года).

Труднообъяснимые ошибки в проектировании, неправильный монтаж важных узлов, непростительная небрежность в обслуживании и не в последнюю очередь наивная вера в высокочувствительную аппаратуру – всё это нам давно известно. Не только по Харрисбургу и Чернобылю, но и по регенерационной установке в британском Селлафилде, по реактору-размножителю Мондзю и по регенерационной

установке в Токаймура в Японии, по бассейну-хранилищу венгерской АЭС Пакш, а также по немецким реакторам в Брунсбюттеле и в Крюммеле на Эльбе. Где бы ни работали люди, везде они допускают ошибки. Можно сказать, что нам „повезло“, что не после каждой аварии очередная „необъяснимая“ цепь ошибок приводила к таким катастрофическим последствиям, как в 1986 году на Украине и в соседних странах. На первом блоке АЭС в Форсмарке, примерно в 100 километрах к северу от столицы Швеции Стокгольма, всё ограничилось 22 минутами страха и паники для работников АЭС и тяжёлыми сомнениями в надёжности компании „Ваттенфалль“, эксплуатирующей реактор. Эти неотступные сомнения сопровождают теперь эту государственную компанию везде, в том числе и в её немецких филиалах в Брунсбюттеле и Крюммеле.

Название „Форсмарк“ означает с тех пор самую опасную из известных нам аварий на европейском атомном реакторе после Чернобыльской катастрофы. Шведские и иностранные специалисты, пытавшиеся восстановить события того дня, были вынуждены с ужасом констатировать: всё могло закончиться гораздо хуже. И в любой момент всё МОЖЕТ закончиться гораздо хуже.

Остаточный риск забвения

Сторонники атомной энергетики с явным удовлетворением отмечают происходящую во многих странах, как они выражаются, „деидеологизацию“ отношения к этому виду энергии. Из-за изменений климата и обостряющегося дефицита ископаемых энергоресурсов общий тон стал якобы „более деловым и спокойным“. И вот что особенно радует поклонников атомной электроэнергии, если только предвыборная борьба не портит им настроения: политический и общественный дискурс впервые за несколько десятилетий сместился с фундаментальных проблем безопасности атомной техники в область экономики, изменений климата, экономии ресурсов и надёжности энергоснабжения. В результате атомная энергия может стать в глазах общественности всего лишь одной из технологий среди прочих, а вопрос об её использовании будет решаться в той же плоскости, в которой производится выбор между угольной и газовой электростанциями.

Расщепление ядра всё больше становится частью треугольника, придуманного экономистами для энергетической политики – это рентабельность, надёжность снабжения и безопасность для окружающей среды. И сторонников АЭС мало беспокоит, что в число этих задач атомной энергии не входит предотвращение катастроф. Напро-

тив, они очень довольны. Поклонникам атомной энергии всё чаще удаётся спрятать чрезвычайный катастрофический потенциал этой технологии под слоем аргументов, которые призваны, в первую очередь, добиться одной цели: отвлечь внимание от основополагающих вопросов безопасности. Такое развитие событий не случайно. Это результат стратегии, которую уже много лет с железным упорством разрабатывают и реализуют владельцы и изготовители атомной техники в ведущих „атомных“ странах.

Такое успешное отвлечение внимания может на некоторое время успокоить общественные споры, однако вероятность крупной катастрофы не уменьшает необходимости таких дискуссий. Опасность крупномасштабной катастрофы, то есть аварии, выходящей за рамки предусмотренной в системах безопасности „наихудшей из возможных аварий“ (нем. GAU), и тот факт, что такую катастрофу никогда нельзя полностью исключить, были и остаются первопричиной фундаментального конфликта из-за атомной энергии. На эту реальную угрозу опираются все главные аргументы противников данной формы получения энергии. Именно от неё зависит согласие или несогласие с использованием атомной энергии – на региональном, национальном и глобальном уровнях. После Харрисбурга и особенно после Чернобыля панацею видели в „безопасном“ ядерном реакторе, с помощью которого атомная промышленность надеялась вернуть общественную поддержку своей технологии. Ещё 30 лет назад производители атомных технологий делали громогласные обещания насчёт „полностью безопасной АЭС“. Американцы называли такие реакторы будущего „walk away“. В таких реакторах расплавление активной зоны или другие тяжёлые аварии должны были по идее исключаться благодаря так называемым „пассивным системам безопасности“. Ведущий менеджер одного из американских производителей атомных реакторов рисовал благостную картину: „Даже при самой тяжёлой аварии можно будет пойти домой, пообедать, вздремнуть и потом вернуться, чтобы заняться реактором – без малейшей тревоги, без всякой паники“ (ср. Miller, 1991). Амбициозные прожекты остались тем, чем и были в своё время: неоплаченным долгом перед будущим. Ещё в 1986 году историк техники Йоахим Радкау предостерегал, что безопасная АЭС – это „мечта, которую рекламируют во времена кризиса, но никогда не воплотят в жизнь“ (Radkau, 1986). И сейчас всё точно так же.

И вот уже в Европейском сообществе по атомной энергии (Ев-роатом) и в десяти странах, использующих атомную энергию, спо-койно говорят о „четвёртом поколении“, которое в отдалённом бу-дущем должно прийти на смену существующим и проектируемым реакторам. Но уже не предполагается, что эти реакторы будущего, оснащённые новейшими системами безопасности, будут такими „защищёнными от дураков“, как их предшественники. Они должны быть экономичнее, компактнее, менее пригодными для военного ис-пользования, иными словами: более приемлемыми для людей. Пер-вые реакторы такого типа должны заработать к 2030 году. По офици-альной версии. Неофициально же многие представители компаний, такие, как бывший президент французской энергетической компании „Электриситэ де Франс“ Франсуа Руссели говорят о начале коммер-ческой эксплуатации таких станций „только около 2040-го или 2045-го года“ (ср. Schneider, 2004).

Обещая нам четвёртое поколение реакторов, неспособное обе-спечить полную безопасность, атомная промышленность тихо по-хоронила и все свои прежние заявления о гарантиях безопасности. Оказывается, теперь достаточно и относительной безопасности, конкретнее это выражается в обобщающем утверждении, которое любят использовать неспециалисты в политико-публицистическом пространстве: „Наши атомные электростанции – самые безопасные в мире“. Истинности этого утверждения, особенно популярного в Гер-мании, никогда не было достоверных подтверждений. Не так уж и очевидно, что атомные электростанции, построенные в 60-70-е годы, спроектированные на уровне знаний и технологий 50-60-х годов, обеспечивают нам сегодня достаточный уровень безопасности. Но пока никто не мешает пропагандистам атомной энергии во Франции, Швеции, США, Японии или Южной Корее говорить точно то же са-мое о своих реакторах, и все могут успешно прикрываться такими лозунгами. Ядерное сообщество каждой страны утверждает, что уж их-то станции находятся на мировом уровне, по крайней мере такая точка зрения предъявляется общественности. Даже в Восточной Ев-ропе утверждают, что обновлённые за последние 15-20 лет реакторы советского типа достигли западных стандартов по безопасности и даже превосходят их по некоторым параметрам. И нет никакой по-требности в формализации подобных высказываний. Общий, все-мирный посыл таков: нет никаких причин волноваться.

И волнение действительно стихает во многих странах, прежде всего в том поколении политиков, для которого Чернобыльская ка-

тастрофа больше не является определяющим событием. Поэтому весьма важным оказывается вопрос о той цене, которую человечеству придётся заплатить за окончательное умиротворение на атомном фронте. Что означает для международной атомной безопасности тот факт, что такие (почти) катастрофы, как в шведском Форсмарке, всего пару недель обсуждаются широко, а затем обсуждение продолжается только в закрытом кругу специалистов?

Сторонники атомной энергии даже приписывали относительно высокий уровень безопасности немецких реакторов силе антиядерного движения в ФРГ, постоянному скептическому интересу обеспокоенного населения к реакторам. Согласно этой теории, именно настойчивые вопросы и появление „критически настроенных общественных специалистов“ привели к тому, что АЭС сейчас превратились в самые защищённые от аварий и неполадок промышленные установки в истории экономики. К сожалению, можно опасаться и обратного эффекта: как только общественный интерес исчезнет или станет невозможным в условиях авторитарного режима, сразу понизится и уровень безопасности.

Тот, кто после Чернобыля и Харрисбурга всё ещё желает использовать атомную энергию, как, например, правительство Германии, состоящее из представителей ХДС и СвДП („чёрно-жёлтая“ коалиция), тот должен рано или поздно задать себе вопрос: хочет ли он продолжать эту линию до тех пор, пока новая катастрофа не закроет навсегда тему атомной энергии. Если бы в шведском Форсмарке 15 июля 2006 года отказали не два, а четыре инвертора, и катастрофа произошла бы именно в Швеции, в этой прославленной стране высоких технологий, то сейчас в Европе и США никто бы не говорил о „ренессансе атомной энергии“ и не обсуждал всерьёз продление срока службы старых реакторов. Север и Запад Европы пережили бы не только страдания миллионов людей. Континенту пришлось бы долгие годы физически и ментально разбираться со своими 130 реакторами, а также преодолевать вызванный катастрофой экономический коллапс, несопоставимый с нынешним финансовым кризисом. Всем странам со значительной долей атомной энергетики в электроснабжении пришлось бы иметь дело с отключениями электричества, каких уже десятки лет не было в большей части стран ЕС. Вместе с этим выросла бы нагрузка на окружающую среду, потому что многим из электростанций, работающих на традиционном топливе, пришлось бы перейти на круглосуточный режим работы, чтобы заполнить брешь, возникшую из-за остановки атомных станций под давлением напуганной общественности. Но, слава Богу, до этого в Форсмарке не дошло.

Медленно действующий яд рутины

Никто не будет всерьёз отрицать, что атомная техника за последние десятилетия тоже продвинулась вперёд в рамках общего технологического прогресса. Революция в информационных и коммуникационных технологиях, произошедшая уже после возведения большинства действующих в мире коммерческих реакторов, позволяет сделать управление и контроль на АЭС более чёткими и, как правило, более надёжными. Самые старые из действующих реакторов проектировались ещё на чертёжной доске, а компьютерами тогда управляли перфокарты. Во многие старые реакторы встраивались и встраиваются современные системы управления. О повышении уровня безопасности говорит и более глубокое понимание физических и других сложных процессов в реакторах при их нормальной эксплуатации и особенно в случае возникновения неполадок. Сегодня операторы реакторов имитируют на симуляторах сложные аварийные ситуации, которые 20 или 30 лет назад было бы невозможно смоделировать и о которых тогда могли даже не знать. Специалистам, отвечающим за безопасность, помогают более совершенные анализы вероятностей и системы контроля и наблюдения, которыми постепенно оснащаются старые реакторы. Кроме того, владельцы реакторов утверждают, что Харрисбург, Чернобыль и тяжёлые аварии в Японии стали уроком для них. Они ссылаются на международный союз организаций, эксплуатирующих АЭС (World Association of Nuclear Operators, WANO), который в настоящее время организует обмен опытом и обеспечивает своевременную передачу своим членам данных о каждой аварии. Во всемирном масштабе владельцы реакторов могут пользоваться в 2010 году общим опытом эксплуатации реакторов, составляющим 13 тысяч лет.

Однако всё это никоим образом не свидетельствует о „качественно новом“ уровне безопасности атомных электростанций. Тот факт, что после 1986 года на реакторах не было аварий с расплавлением активной зоны реактора, не означает, то таковые не могут произойти. Форсмарк стал самым громким тревожным сигналом последнего времени, за ним последовали инциденты в Брунсбюттеле и Крюмеле – с тем результатом, что эти реакторы несколько лет не производили электроэнергию. Примерно три четверти работающих в мире реакторов – такие же, как во время Чернобыльской катастрофы. И в этом состоит суть рассуждений о вероятности того, случится ли новая катастрофа сейчас или через сто лет. И 13 тысяч лет эксплуатации реакторов не являются существенным контраргументом. Когда

атомное хозяйство в 1979 году впервые столкнулось в Харрисбурге с расплавлением активной зоны на коммерческом реакторе, противники атомной энергии в Южной Германии в своих листовках глумились над громкими обещаниями представителей атомной промышленности относительно безопасности их техники: „Одна авария за 100 тысяч лет – как же быстро летит время!“

Форсируемое по всему миру продление срока службы реакторов менеджеры от мирного атома называют „абсолютно контролируемым с точки зрения безопасности“ (*Frankfurter Rundschau*, 12 августа 2005). Вальтер Холефельдер, президент лоббистского объединения „Немецкий атомный форум“ и бывший руководитель компании E.on, эксплуатирующей АЭС, абсолютно серьёзно утверждал, что подобное продление срока службы „делает электроснабжение более надёжным“ (*Berliner Zeitung*, 9 августа 2005). В подобных утверждениях удивительно прежде всего то, что они не ставятся под сомнение значительной частью общественности, особенно политиками, поддерживающими атомную энергетику. Ведь это довольно смелое утверждение, будто атомные электростанции, в отличие от автомобилей или самолётов, становятся со временем всё безопаснее и безопаснее. Это противоречит, к сожалению, не только человеческому здравому смыслу. Это противоречит физическим законам.

Всемирный парк реакторов „стареет“. За этой простой, повседневной формулировкой скрывается огромный набор информации из области материаловедения и металловедения. И это не только обычный „износ“, а чрезвычайно сложные изменения на поверхности и внутри металлических конструкций. Такие процессы на микроуровне атомарных структур и их последствия трудно предсказать, их трудно обнаружить вовремя и с высокой степенью надёжности с помощью систем контроля – особенно, когда на важные с точки зрения безопасности и труднодоступные конструкции одновременно воздействуют высокие температуры, агрессивная химическая среда и постоянные нейтронные бомбардировки в результате расщепления ядра. На протяжении десятилетий постоянно выявлялись такие проблемы, как коррозия, радиационные поражения, образование трещин на поверхностях, на сварочных швах и внутри важнейших конструкций. Часто удавалось избежать тяжёлых аварий благодаря тому, что эти проблемы вовремя обнаруживались системами контроля или при плановых осмотрах с остановкой работы установки. Но во многих случаях своевременное обнаружение опасных повреждений было всего лишь делом случая.

Эту ситуацию ещё больше обострили последствия либерализации и децентрализации энергетических рынков во многих странах. Либерализация требует от владельцев реакторов более тщательного планирования расходов на каждой АЭС – с очевидными последствиями: это, например, сокращение персонала, более редкие плановые проверки, сокращение сроков при работах по техобслуживанию, замене топлива и вызванная этим спешка. И всё это отнюдь не идёт на пользу безопасности.

Промежуточный итог: если владельцы реакторов сумеют настоять на своих предложениях по увеличению срока службы станций до 40, 60 и даже 80 лет, то в будущем резко возрастет средний возраст эксплуатируемых АЭС, составлявший в мире в 2009 году примерно 24 года. Это приведёт к существенному повышению риска тяжёлой аварии. И в этой ситуации мало что меняет строительство электростанций так называемого „третьего поколения“. Ещё несколько десятилетий они будут составлять незначительную долю мирового парка реакторов. Кроме того, на них тоже не исключены тяжёлые аварии. Например, проектируемый с конца 80-х годов европейский реактор с водой под давлением (European Pressurized Reactor, EPR), прототип которого строится с 2005 года в Финляндии, представляет собой не более чем (критики говорят – посредственную) модификацию реакторов с водой под давлением, эксплуатируемых сейчас во Франции и Германии. Последствия расплавления активной зоны на нём призвано смягчить дорогостоящее улавливающее устройство („Core Catcher“). Результатом этой концепции, при которой существенно возрастает стоимость всей установки, стало то, что в ходе разработки мощность реактора пришлось постоянно увеличивать, чтобы сохранить его конкурентоспособность в рамках атомной энергетики и за её пределами.

Даже среди владельцев атомных станций нет консенсуса относительно того, что вероятность тяжёлых аварий действительно снизилась в результате приобретения опыта эксплуатации и длительного срока службы станций. Такой консенсус вступил бы в противоречие с реальностью из-за множества серьёзных аварий, время от времени беспокоящих людей по всему миру.

Вот неполный список случаев с „катастрофическим“ потенциалом за последнее время:

* лопнувшая труба системы отвода остаточного тепла французского реактора с водой под давлением Сиво-1 (Civaux-1) с утечкой воды из первого контура по 30 кубометров в час (1998);

* манипуляции с важными для безопасности данными на британской регенерационной установке Селлафилд и в японской компании “Терсо”, эксплуатирующей АЭС (1999/2002);

* беспрецедентные повреждения топливных элементов в третьем реакторном блоке французской АЭС в Каттенومه (2001);

* взрыв кислорода в трубе реактора с кипящей водой в Брунсбюттеле (2001);

* не выявленная на протяжении долгих лет глубокая коррозия корпуса американского реактора в Дэвид-Бесс, когда лишь тонкий стальной кожух котла реактора воспрепятствовал катастрофической утечке в ходе эксплуатации (2002);

* перегрев тридцати ещё радиоактивных топливных элементов в бассейне-хранилище на венгерской АЭС Пакш, которые затем раскрошились как фарфор под потоком холодной воды при попытке снизить их температуру (1200 градусов Цельсия) и предотвратить возможный атомный взрыв в незащищённой части реакторного комплекса (2003) (Фонд им. Генриха Бёлля, 2006);

* тяжёлые повреждения в результате землетрясения на японском реакторном комплексе Касивазаки с пожаром на трансформаторах и выбросом радиоактивных жидкостей, приведшие к многолетнему простоя АЭС (2007);

* пожар на трансформаторе АЭС в Крюммеле, приведший сначала к задымлению в пункте управления, а затем к грубым ошибкам при срочном отключении реактора. Спустя ровно два года, через несколько дней после повторного ввода в эксплуатацию, произошло короткое замыкание в одном из трансформаторов, случилась утечка масла и реактор быстро выключился – в этом случае трансформатор хотя бы не загорелся (2007/2009).

Эти явно неизбежные происшествия уже вызывают больше беспокойства у компаний, эксплуатирующих АЭС, чем у политических адептов атомного ренессанса. И не только потому, что ущерб от неполадок и аварий выливается для владельцев АЭС в миллиардные суммы.

Ответственные лица на атомных электростанциях всё больше опасаются последствий феномена, глубоко укоренённого в человеческой природе: это уязвимость по отношению к медленному яду рутины, который делает невозможным ежеминутное выполнение действий, повторяющихся на протяжении многих лет, с максимальной концентрацией. В ходе конференции WANO в Берлине в 2003 году референты откровенно говорили об усугубляющихся небрежности и самоуспокоении эксплуатирующих компаний. И оба этих явления

представляют „угрозу для выживания нашей отрасли“ (*Nucleonics Week*, 6 августа 2003 года), предупреждал шведский (!) участник встречи экспертов. Возглавлявший в то время WANO японец Хадзиму Маэда даже диагностировал „страшную болезнь“, угрожающую отрасли изнутри. Она, по его словам, начинается с утраты мотивации, с самоуспокоения и „небрежности в поддержании высокой культуры техники безопасности из-за экономического давления в результате либерализации рынка электроэнергии“. Эту болезнь нужно обнаружить и победить. В противном случае рано или поздно „катастрофа разрушит всю нашу отрасль“ (*Nucleonics Week*, 6 августа 2003 года). Когда же спустя три года после аварии в Форсмарке стал проливаться свет на всё новые факты халатности шведского госпредприятия „Ваттенфалль“ в обслуживании реакторов, такая озабоченность оказалась поистине пророческой.

2. Второй миф: опасность злоупотребления и террора можно предотвратить

Совершенно новый масштаб опасности стал очевиден после террористических атак 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке и Вашингтоне. Ещё больше стало ясно из показаний арестованных организаторов терактов, данных ими на допросах. Этот новый масштаб терроризма, проявившийся в атаках на США, ведущую державу Запада, ранее не учитывался при рассмотрении вопросов безопасности. Такое развитие событий требует принципиально новой оценки использования атомной энергии и серьёзных факторов риска, связанных с ней.

После признаний двух арестованных вождей „Аль-Каиды“ для всех стало очевидно, что атомные электростанции входят в число целей исламских террористов. Согласно этим показаниям, приведённым в официальном отчёте сената США о терактах (*National Commission on Terrorist Attacks Upon the United States 2004*), Мохаммед Атта, направивший „Боинг-767“ на северную башню Всемирного торгового центра, ранее выбрал одной из возможных целей два блока реакторов АЭС в Индиан Пойнт на реке Гудзон. Нападение на атомную станцию, расположенную всего в 40 милях от Манхэттена, успело даже получить кодовое название „electrical engineering“. Но пилоты-террористы предположили, что при приближении к АЭС их самолёты будут сбиты ракетами ПВО или истребителями-перехватчиками, и поэтому отказались от этого плана. В действительности же у военных не было подобных инструкций. Решение террористов отказаться от атаки на АЭС основывалось на ложной предпосыл-

ке. Кроме того, в изначальном, ещё более чудовищном плане вождя Аль-Каиды Халида Шейха Мохаммеда, согласно которому предполагалось захватить 10 пассажирских самолётов, в числе целей фигурировали, по его собственным показаниям, несколько АЭС. Поэтому мы вынуждены очень серьёзно отнестись к включению возможных террористических атак в число факторов риска АЭС. Вероятность таких атак значительно возросла после 11 сентября 2001 года.

Вместе с тем практически не подвергается сомнению, что ни один из 436 реакторов, работавших в мире на начало 2010 года, не выдержал бы направленного удара полностью заправленного реактивного лайнера. Под впечатлением терактов в Нью-Йорке и Вашингтоне это единодушно подтверждают даже владельцы реакторов в Германии. Правда, при строительстве многих атомных реакторов в западных индустриальных странах в требования по безопасности включалось случайное падение небольшого гражданского или военного самолёта. Случайное же падение полностью заправленного большого пассажирского самолёта сочли столь маловероятным, что ни одна страна мира не принимала мер по защите от такого варианта развития событий. Представление об атаке пассажирского самолёта, превращённого в управляемую ракету, явно выходило за пределы фантазии специалистов, конструировавших реакторы.

В Германии Общество по безопасности установок и реакторов (GRS), расположенное в Кёльне, сразу же после терактов в США приступило к крупномасштабному исследованию уязвимости немецких АЭС в отношении нападения с воздуха. При этом по поручению федерального правительства определялась не только устойчивость типовых АЭС. На авиационном симуляторе Берлинского технического университета несколько пилотов тысячи раз упражнялись в атаках на немецкие АЭС, точно смоделированные в форме анимации на пульте управления симулятора, с разной скоростью, с разными точками и углами падения. Некоторые из пилотов, участвовавших в тестировании, управляли до этого только небольшими винтовыми самолётами, как и террористы, пилотировавшие самолёты над Нью-Йорком и Вашингтоном. И тем не менее, примерно каждая вторая симитированная атака камикадзе оказывалась удачной.

Результаты исследования оказались настолько тревожными, что так и не были опубликованы. Только краткое резюме, имевшее статус „секретного документа“, стало достоянием общественности (Общество по безопасности установок и реакторов, 2002). Согласно этому документу, ядерный ад угрожает старым реакторам практически при

любом падении пассажирского самолёта, независимо от его типа, размера и скорости падения. Либо сразу пробивался корпус, либо из-за толчков при падении и последующего возгорания керосина разрушались трубопроводы. Но в любом случае при прямом попадании была очень велика вероятность расплавления активной зоны и радиоактивного заражения больших территорий. Чрезвычайно высока была и угроза складам на АЭС, на которых в водных бассейнах хранятся израсходованные топливные элементы.

Спустя почти десятилетие после жутких терактов в США в Германии так и не создано концепции защиты атомных установок от подобных атак. Федеральное правительство социал-демократов и зелёных („красно-зелёная“ коалиция) планировало защищать АЭС от атак с воздуха системой химических миномётов, которые на некоторое время сделали бы АЭС „невидимыми“, однако эти планы не оправдали себя. Эта концепция прекратила своё существование после того, как конституционный суд в феврале 2006 года категорически запретил обстрел гражданских самолётов с невиновными людьми на борту. А целью концепции „задымления“ было прикрытие атомных электростанций искусственным туманом до тех пор, пока в воздух не поднимутся боевые самолёты Бундесвера, которые должны в свою очередь „отогнать“ или при необходимости сбить пассажирские самолёты.

Нападения камикадзе затмили бы события 11 сентября

Вероятность терактов типа „нацеленная атака с воздуха“ не отменяет и других опасностей, которые активно обсуждались в мировом сообществе до 11 сентября 2001 года. Они лишь получили более конкретное и реалистичное обоснование. Уже давно активно изучалась возможность террористических атак, при которых террористы обстреливают атомные установки из бронебойных и противотанковых орудий, применяют взрывчатые вещества, или силой либо хитростью получают доступ к системам безопасности АЭС. Но ранее не учитывался сценарий, по которому террористы осознанно идут на смерть. Невероятная ситуация, при которой люди атакуют атомную станцию и при этом сами собираются стать первыми жертвами своей атаки, делает возможными десятки вариантов, которые раньше не принимались в расчёт.

С точки зрения экстремистов-камикадзе нападение на ядерную установку ни в коем случае не является чем-то иррациональным. Напротив: экстремисты знают, что „удачное“ нападение не только породит настоящий ад и приведёт к страданиям миллионов людей, но и

сделает неизбежным закрытие многих других АЭС по соображениям безопасности, что, в свою очередь, приведёт к таким экономическим потрясениям в индустриальных странах, которые оставят далеко позади экономические проблемы после 11 сентября 2001 года. Какими бы ужасными ни были атаки на Всемирный торговый центр и Пентагон, они преследовали в первую очередь демонстративно-символические цели: поразить мировую державу США в её экономическое, политическое и военное сердце и тем самым унизить её. Нападение на атомную электростанцию не имело бы такого символического значения. Было бы поражено производство электроэнергии, то есть нервный центр, иными словами – вся инфраструктура индустриального государства. Радиоактивное заражение целого региона, вполне вероятная эвакуация сотен тысяч, если не миллионов людей окончательно стёрло бы границу между войной и террором. Никакая другая атака на промышленную инфраструктуру, даже на нефтеналивной порт Роттердама, не будет иметь такого психологического воздействия на западные индустриальные страны. Даже если террористам в конечном счёте не удастся достигнуть своей цели, то есть вызвать крупномасштабную атомную катастрофу, последствия всё равно будут устрашающими. Такая атака кардинальным образом изменила бы отношение к факторам риска атомной энергии и привела бы в некоторых индустриальных странах к закрытию многих, если не всех, атомных электростанций.

В свете такого „нового“ терроризма становятся более актуальными дискуссии относительно „мирного использования ядерной энергии“ и опасностей в случае военного конфликта. Эта тема до сих пор является табуированной в атомном сообществе. Потому что реакторы, построенные в таких конфликтных точках планеты, как корейский полуостров, Тайвань, Иран, Индия и Пакистан являются „бомбами“: если эти реакторы работают, то потенциальному агрессору больше не нужно ядерное оружие, чтобы превратить страну в радиоактивную пустыню – достаточно ВВС или артиллерии. Тот, кто с учётом такой перспективы оперирует в контексте атомной энергии понятием „надёжность снабжения“, явно не хочет заглядывать в будущее. Не существует никакой другой технологии, для которой одного события достаточно, чтобы вызвать крах всей системы энергоснабжения. В случае военного конфликта такая техника больше уязвима к атакам обычных вооружений, чем любая другая.

Физик и философ Карл Фридрих фон Вайцзеккер в 1985 году так объяснял своё превращение из сторонника в противника атомной энергии: „Распространение ядерной энергии по всему миру должно повлечь за собой всемирные радикальные изменения политической структуры всех ныне существующих культур. Оно потребует преодоления самого института войны, существующего, как минимум, с момента возникновения высокоразвитых культур“ (ср. Mayer-Abich / Schefold, 1986). Однако пока не видно приближения мира во всём мире – таково резюме фон Вайцзеккера. Во времена „асимметричного насилия“, когда идеологизированные экстремисты готовятся к войне против могущественных индустриальных государств или даже к тотальной „войне цивилизаций“, устойчивый мир во всём мире отодвинулся в ещё более далёкую перспективу, чем в 1985 году, когда фон Вайцзеккер сформулировал свои взгляды под влиянием конфронтации восточного и западного блоков.

Причём угроза атомным станциям в результате военных действий не является чем-то гипотетическим. В ходе конфликта на Балканах в начале 1990-х годов атомный реактор в словенском городе Кршко несколько раз мог стать целью вооружённых атак. Для демонстрации такой возможности югославские бомбардировщики пролетали над реактором. Остаётся только гадать, предпринял бы Израиль бомбардировку иракского исследовательского реактора в Осираке или нет, если бы этот реактор мощностью в 40 мегаватт был тогда уже введён в эксплуатацию. Та бомбардировка считалась превентивным ударом против попыток Саддама Хусейна построить первую „исламскую бомбу“. Американские бомбардировщики ещё раз бомбили строительство реактора в ходе „войны в заливе“ в 1991 году. В ответ Саддам Хусейн направил свои ракеты „Скад“ на израильский атомный центр в Димоне. И не будем забывать о том, что продолжают ходить слухи о планируемых израильских налётах на предполагаемые тайные ядерные установки в Иране из-за конфликта с исламистским режимом в этой стране.

Смертельные сиамские близнецы: гражданское и военное использование атомной энергии

Как только родилась идея использования атомной энергии для контролируемого производства электричества, в повестку дня встал и вопрос о злоупотреблении ею в военных целях. Это никого не удивило. Американские бомбардировки Хиросимы и Нагасаки в августе 1945 года продемонстрировали всему миру чудовищный потенциал

атомной энергии. Когда президент США Дуайт Эйзенхауэр объявил в 1953 году о своей программе „Атом для мира“, это должно было стать стартом „мирного использования ядерной энергии“. Эта инициатива родилась по необходимости. США щедро делились своей до того эксклюзивной и секретной технологией расщепления ядра и хотели тем самым не допустить, чтобы всё новые и новые страны запускали собственные атомные программы. Президент Соединённых Штатов, которые с обретением атомной бомбы окончательно утвердились в статусе сверхдержавы, предложил миру весьма простую сделку. Все заинтересованные страны извлекут выгоду из мирного использования атомной энергии, если со своей стороны откажутся от претензий на обладание ядерным оружием. Это должно было остановить тенденцию, когда в течение нескольких лет после окончания Второй мировой войны в число ядерных держав наряду с США вошли Советский Союз, Великобритания, Франция и Китай. И другие страны, в том числе и считающиеся очень миролюбивыми, как, например, Швеция или Швейцария, более или менее активно работали над созданием „ультимативного оружия“, конечно, в обстановке полной секретности. Даже Федеративная Республика Германия, не являвшаяся после окончания войны до 1955 года суверенным государством, демонстрировала в эпоху „атомного министра“ Франца-Йозефа Штрауса соответствующие амбиции.

Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), вступивший в силу в 1970 году, стал результатом инициативы Эйзенхауэра, как и Международное агентство по атомной энергии в Вене (МАГАТЭ). Задачей венского агентства, основанного ещё в 1957 году, стала, с одной стороны, поддержка атомных технологий производства электроэнергии и их распространение в мире, а с другой – недопущение создания атомной бомбы в новых странах. Более чем полвека спустя после основания МАГАТЭ результаты деятельности этой организации столь же двояки, как и её изначальные цели. Ей удалось существенно замедлить распространение оружейных технологий с помощью контроля гражданских атомных установок и используемых на них материалов. За эту свою деятельность венское агентство вместе со своим тогдашним председателем Мохаммедом эль-Барадеи было удостоено Нобелевской премии мира. Но агентство не смогло остановить распространение ядерного оружия. Ещё до окончания холодной войны к пяти „официальным“ странам, обладающим ядерным оружием, добавились ещё три – Израиль, Индия и ЮАР. ЮАР уничтожила свои ядерные заряды в начале 1990-х годов вместе с отказом

от системы апартеида. После „войны в заливе“ 1991 года инспекторы обнаружили в Ираке Саддама Хусейна секретную атомную программу, которая зашла довольно далеко, несмотря на пристальное наблюдение со стороны МАГАТЭ. В 1998 году Индия и Пакистан, которые, как и Израиль, всегда отказывались от подписания ДНЯО, шокировали остальной мир своими ядерными испытаниями. Спустя пять лет коммунистическая Северная Корея вышла из Договора о нераспространении и объявила себя ядерным государством.

В основе всех этих угрожающих тенденций лежит фундаментальная проблема атомных технологий: их гражданское и военное использование нельзя на сто процентов разделить даже при всём желании и при применении самой современной контрольной техники. Во многих случаях технологии можно использовать и в гражданских, и в военных целях (“dual use”), и последствия этого фатальны: каждая страна, пользующаяся гражданской атомной техникой при поддержке МАГАТЭ или Европейского сообщества по атомной энергии (Евроатом), может рано или поздно создать бомбу. С самого начала атомной эры амбициозные и бессовестные правители пытались тайно реализовывать военные программы наряду с гражданскими. Уже давно в такой деятельности подозревается Иран. Превращение гражданских компонентов ядерного топливного цикла в военные может происходить при поддержке государства в рамках параллельных секретных военных программ. Оно может происходить через использование части гражданского ядерного топлива в обход национального и международного контроля. Следует также опасаться кражи веществ, технологий или знаний, пригодных для военных целей.

На начало 2010 года на Ближнем и Среднем Востоке было запланировано строительство 15 новых реакторов – в Иране, Турции, Египте, Саудовской Аравии, Иордании, Ливии, Алжире, Тунисе, Марокко и в Объединённых Арабских Эмиратах. Не нужно быть пророком, чтобы предсказать, что не все эти планы будут реализованы. Но разве мир станет безопаснее, если хотя бы половина из этих реакторов будут всё же построены? Неоспоримо то, что при любом распространении гражданской атомной технологии за пределы 30 стран, которые сейчас используют её в коммерческих целях, вырастут и расходы на предотвращение военного использования. Новый бум атомной энергетики, сравнимый с тем, что имел место в 1970-х, в результате которого доступ к ядерным технологиям получили бы 50, 60 или более государств, поставил бы перед МАГАТЭ (и сейчас борющейся с валом проблем и недостатком финансирования) неразрешимые задачи.

К ним добавилась бы и новая опасность такого терроризма, который не остановился бы и перед использованием „грязной бомбы“. Детонация обычной взрывчатки, совмещённой с радиоактивными материалами гражданского происхождения, привела бы не только к многочисленным жертвам, к эскалации страха и неуверенности в странах, являющихся потенциальными целями террористов, но и сделала бы место взрыва непригодным для проживания.

3 Третий миф: атомные отходы? Это не проблема!

Понятие замкнутого ядерного топливного цикла, такое успокаивающее, входит в число тех удивительных продуктов словотворчества атомной промышленности, которые сумели утвердиться на протяжении десятилетий, хотя реальность постоянно опровергает их. Миф о ядерном цикле родился из старой мечты физиков-ядерщиков о том, что после запуска коммерческих урановых реакторов можно будет отделить в регенерационных установках образующийся в реакторах расщепляющийся элемент плутоний, а потом производить в реакторах-размножителях на быстрых нейтронах (как в вечном двигателе) из нерасщепляемого урана (U-238) новый плутоний (Pu-239) для других реакторов-размножителей. Так должен был возникнуть гигантский промышленный цикл, состоящий из тысячи и более реакторов-размножителей на быстрых нейтронах по всему миру и десятков регенерационных установок, из которых на сегодняшний день были построены лишь две большие промышленные установки – в Ля Аг (Франция) и в Селлафилде (Великобритания). В одной только Германии атомные стратеги середины 60-х годов ожидали увидеть арсенал реакторов на быстрых нейтронах с общей мощностью электростанций в 80 тысяч мегаватт. Для сравнения: обычные реакторы с водой под давлением и с кипящей водой имеют общую мощность около 20 тысяч мегаватт. Но плутониевый путь атомной техники, названный впоследствии учёным-энергетиком Клаусом Траубе (который сам руководил немецким проектом реактора-размножителя в Калькаре, Нижний Рейн) „спасительной утопией 50-х годов“ (Traube, 1984), оказался, вероятно, крупнейшим фиаско в истории мировой экономики. Очень дорогая, технологически незрелая, ещё более спорная с точки зрения безопасности, чем традиционные АЭС, вдобавок особенно уязвимая к использованию в военных целях – технология реакторов-размножителей до сих пор не прижилась нигде в мире. Только в России ещё эксплуатируется один старый реактор. Япония (чей демонстрационный реактор-размножитель в Мондзю не работает по-

сле масштабного возгорания натрия в 1995 году) и Индия официально заявляют о продолжении работ в этой области.

Без перспектив развития реакторов-размножителей оказался не состоятельным изначальный мотив отделения плутония на регенерационных установках в гражданских целях. Тем не менее, кроме Франции и Англии небольшие установки для переработки отработавшего ядерного топлива действуют в России, Японии и Индии, а целью этих установок задним числом объявили использование полученного на этих установках плутония в виде так называемых топливных элементов из смеси оксидов урана и плутония (МОКС) в обычных реакторах на лёгкой воде. Когда регенерационные установки не простаивают из-за технических проблем, то они производят не только плутоний и уран, но и огромные расходы. А кроме них ещё и радиоактивные отходы, которые нужно где-то захоронить. Кроме того, происходит облучение территории, в десятки тысяч раз превосходящее излучение реактора на лёгкой воде. Для переработки отработавшего топлива требуется транспортировка высокорadioактивных, частично пригодных для военного применения материалов.

Поскольку лишь незначительная часть высокорadioактивных отходов, производимых на коммерческих АЭС мира, подвергается регенерации, а отработавшие топливные элементы МОКС, как правило, не перерабатываются, то от замкнутого ядерного топливного цикла осталось одно название. В реальной жизни это разомкнутый круг. Помимо электроэнергии атомные станции производят высокорadioактивные, среднерadioактивные и слаборadioактивные отходы, которые к тому же очень ядовиты. Их необходимо захоронить в безопасном месте на очень долгий срок. Этот срок зависит от периода полураспада радионуклидов, который очень сильно разнится: изотоп плутония Pu-239 утратит половину своей радиоактивности через 24 110 лет, изотоп кобальта Co-60 – уже через 5,3 дня.

Нет места для захоронений – нигде

Спустя более чем полвека с начала ядерного производства электроэнергии в мире нет ни одного официального и пригодного к эксплуатации могильника для радиоактивных отходов – и это обстоятельство сделало популярным образ атомного самолёта, который взлетел, не задумываясь о месте для посадки. Относительно недолговечные, а также средне- и слаборadioактивные отходы складываются в некоторых странах, например, во Франции, США, Японии или в ЮАР, неглубоко под поверхностью земли в специальных контейнерах. Гер-

мания выбрала для глубокого захоронения не выделяющих теплоту отходов от АЭС, исследовательских реакторов и медицинской промышленности бывшую шахту „Конрад“ в Зальцгиттере, Нижняя Саксония. Бывшая шахта является единственным официальным ядерным могиликом в Германии и сейчас только готовится к началу работы. Ввод в эксплуатацию намечен на 2014 год.

Насколько легкомысленно поначалу подходили к проблеме атомных отходов, демонстрирует высказывание уже цитировавшегося выше Карла Фридриха фон Вайцзеккера, датированное 1969 годом. Физик и философ так сформулировал своё отношение к утилизации атомных отходов: „Это вообще не проблема [...]. Мне сказали, что все атомные отходы, которые накопятся в Германии к 2000 году, поместятся в кубический ящик с длиной грани 20 метров. Его нужно только хорошо закрыть и засунуть в шахту, вот проблема и решена“ (ср. Fischer et al., 1989).

Но с самого начала раздавались и другие, более разумные голоса, хоть и редко доходившие до общественности. „Задачу безопасного удаления отходов нужно решить перед тем, как одобрять строительство реактора в густонаселённой ФРГ“, – трезво отметил один из боннских чиновников после межминистерского обсуждения готовящегося закона об атомной энергии (ср. Möller, 2009). Это было в феврале 1955 года. С тех пор в Германии завершили работу 19 промышленных и прототипных реакторов, а „безопасного удаления радиоактивных отходов“ не видно и на горизонте. В конце концов, это философский вопрос – можно ли надёжно отделить радиоактивные отходы от биосферы на сотни тысяч или даже миллионы лет. Он выходит за рамки человеческих представлений. Египетские пирамиды были построены 5 000 лет назад. А высокорadioактивные отходы, образующиеся на немецких АЭС в 2010 году, необходимо хранить в надёжных условиях и в 10010-ом, и в 100010-ом году. А выбора у нас нет: атомный мусор уже существует и в этом вопросе не может быть никаких стопроцентных гарантий, поэтому нужно найти наилучшее с позиций современной науки решение.

Медленно, с трудом в крупнейших атомных странах утверждается понимание того, что поиск места захоронения представляет собой не только научно-техническую проблему. Ни одна из попыток найти место для захоронения, которые начались в основном в 70-е годы, ни привела к официальному одобрению какого-либо места. Причина: при выборе такого места слишком долго пренебрегали сопротивлением общественности, демократическим обсуждением и прозрачно-

стью процедур. В большинстве случаев решающую роль в поисках подходящего могильника играли отвлечённые мотивы стратегической политики. В Германии попытались извлечь урок из этих ошибок и разработали многоступенчатую процедуру выбора с постоянным участием общественности. Сегодня кажется особенно маловероятным, что удастся реализовать концепцию, после долгих лет интенсивных дебатов созданную в 2002 году, с которой согласились учёные из обоих лагерей – сторонников атомной энергии и её противников. Избранное осенью 2009 года федеральное правительство, состоящее из представителей ХДС/ХСС и СвДП, не собирается снова поднимать вопрос о месте могильника и планирует обойтись могильником в соляной шахте в Горлебене, подготовленной ещё в 70-е годы, несмотря на большие сомнения в его геологической пригодности, особенно в плане покрывающих пород. Свидетели и обнаруженные в последние годы документы укрепили подозрение, что в 70-е годы при выборе места захоронения большую, если не решающую роль играли политические соображения, а не научные сведения о пригодности соляного купола. Тот, кто ищет для захоронения радиоактивного мусора „наилучшее с позиций современной науки решение“, должен сравнивать альтернативные варианты. Но так никогда не делалось и результатом могут стать судебные решения против Горлебена, если политики будут и дальше держаться за этот спорный вариант. Так оказались бы потеряны десятилетия, и поиски пришлось бы начать сначала. Довольно сомнительно, что стратегия „чёрно-жёлтого“ федерального правительства 2009 года – „закрыть глаза и вперёд!“ - приведёт в конечном счёте к официальному утверждению могильника. Но совершенно очевидно, к чему приведут грубые попытки продавить Горлебен в качестве могильника и одновременно с этим продлить сроки эксплуатации реакторов: к возрождению фундаментального конфликта из-за атомной энергетики в Германии.

В начале 2010 года правовая экспертиза Германского союза окружающей среды пришла к выводу, что запланированное правительством продление сроков службы АЭС противоречит конституции из-за так и не решённого вопроса о захоронении отходов (Ziehm, 2010).

Это тем более вероятно, поскольку совместная попытка государства и атомной промышленности избавиться от слабо- и среднерадиоактивных отходов в заброшенном соляном руднике „Ассе-2“ рядом с Зальцгиттером грозит теперь, спустя всего 30 лет, обернуться эпохальной катастрофой. В начале 2010 года федеральное ведомство радиационной защиты предложило извлечь накопившиеся за более

чем 10 лет 126 тысяч ёмкостей с радиоактивными отходами из шахты, которой угрожает „затопление“, заново упаковать их, перевести куда-то на временное хранение и только затем снова отправить под землю в другом, более приспособленном месте. Если этот план будет реализован, то он станет символом краха этой энергетической технологии, обошедшимся в миллиарды евро. Минимум целое десятилетие телевизоры в каждой квартире будут рассказывать о том, что бывает с ядерной техникой, когда поколение родителей оставляет своим детям и внукам дурное наследство, сваливая на них свою ответственность. Газета *Frankfurter Allgemeine Zeitung* разочаровано констатировала 16 октября 2009 года, после решения начать извлечение ёмкостей: „Очевидно, что это ещё один гвоздь в крышку гроба ядерной энергии в Германии“. Компания, эксплуатирующая АЭС, согласно параграфу 9а закона об атомной энергии обязана обеспечить, чтобы „образующиеся радиоактивные отходы надлежащим образом ликвидировались“. Закон предписывает это самым недвусмысленным образом уже более чем полвека. Но как, где и особенно когда будет выполняться этот закон – в 2010 году это так же неясно, как и в 1960-ом. При этом Германия вовсе не является каким-то вопиющим исключением – напротив, такова ситуация почти во всех странах, в которых имеет место коммерческое использование атомной энергии. Действительно серьёзный план захоронения отходов имеет только Финляндия - страна, владеющая четырьмя из 436 реакторов, работающих в мире. Почти готовый могильник в гранитных скалах недалеко от Олкилуото на западном побережье Финляндии не наталкивается на протесты населения в округе и в регионе. Большинство местных жителей успокоились благодаря долгим годам безаварийной эксплуатации АЭС и уже существующему могильнику для слабо- и среднерадиоактивных отходов. Могильник для высокорadioактивных отходов предполагается ввести в эксплуатацию в 2020 году.

Но ни в одной из стран, эксплуатирующих большинство мировых АЭС, не предвидится появления могильника для самых опасных радиоактивных отходов. Это относится и к США, где 104 реактора покрывают примерно 19 процентов потребности в электроэнергии. После нескольких десятилетий споров в начале 2009 года администрация Обамы заморозила планы обустройства могильника в Юкка Маунтин (штат Невада), поскольку по-прежнему остаются сомнения в его долгосрочной надёжности и поскольку величина этого могильника недостаточна для того, чтобы принять все высокорadioактивные отходы, накопившиеся в США за полвека и продолжающие накапливаться.

4 Четвёртый миф: у нас достаточно топлива – урана

Так называемый топливный цикл имеет два конца. Исходная точка этого цикла с самого начала оказалась проблематичной. Урановые рудники для добычи расщепляемого материала для атомной бомбы и гражданского применения на атомных электростанциях ещё в первые годы атомной эры потребовали огромных жертв. В биосферу проникли большие количества природных радиоактивных нуклидов, которые ранее экранировались толщами земли. При продолжении или расширении использования атомной энергии существенно возрастут последствия урановых разработок для здоровья людей и экологии.

Погоня за ураном, тяжёлым металлом, который не так уж и редко встречается в природе, но мало где – в концентрациях, пригодных для разработки, началась вскоре после окончания Второй мировой войны. Опустошающее действие американских бомбардировок Японии только подогрело амбиции стран-победительниц по обеспечению себе доступа к стратегическому ресурсу. Предпринимались огромные усилия ради того, чтобы расширить и обезопасить возможности использования урановых запасов. Последствия для здоровья работающих на рудниках имели второстепенное значение. США разрабатывали рудники в пределах страны и в соседней Канаде, Советский Союз форсировал добычу урана в ГДР, Чехословакии, Венгрии и Болгарии. Тысячи горняков умерли в муках от рака лёгких после многолетней тяжёлой работы в плохо проветриваемых штольнях, пыльных и заражённых радиоактивным газом радоном. Особенно пострадали шахтёры восточногерманского предприятия „Висмут“, на котором было занято до 100 тысяч человек. Концентрации урана на рудниках составляли, как правило, десятые доли процента, поэтому оставалось очень много радиоактивных отходов. А это приводило к тому, что длительному радиоактивному облучению подвергались не только сами горняки, но и окрестности с живущими там людьми. Ситуация улучшилась только в 70-е годы после начала бума ядерной электроэнергетики. Правительства стран перестали быть единственными заказчиками расщепляющихся материалов. Появился частный рынок урана, и особое военно-стратегическое положение добычи урана не могло больше служить оправданием тяжелейших условий труда. С окончанием холодной войны ситуация ещё раз принципиально поменялась. Спрос военной промышленности на уран резко упал. Невостребованные более запасы США и бывшего Советского Союза поступили на гражданский рынок расщепляющихся материа-

лов. Кроме того, в результате успехов политики разоружения вскоре на рынке оказались большие количества оружейного урана, изъятых из старых советских и американских атомных арсеналов. Результатом этого стала самая масштабная из когда-либо реализованных программ по конверсии вооружений для гражданской экономики. Взрывоопасная начинка бомб „разбавляется“ природным или обеднённым ураном (уран-238, из которого и получили расщепляемый изотоп уран-235) и затем используется в качестве топлива в обычных АЭС. В результате такой необычной ситуации на рынке урана мировые цены на реакторный уран резко упали. Выжили только месторождения с относительно высокой концентрацией урана. До 2010 года примерно половина урана в мире, используемого на АЭС, происходила не из обогащённой „свежей“ руды, а из военного наследия сверхдержав.

Но постепенно военные запасы урана времён холодной войны истощаются. Поэтому начался быстрый рост цен на уран, который будет, предположительно, ускоряться. Помимо возобновления работы закрытых рудников для работы существующих АЭС и тем более с учётом расширения мирового реакторного парка необходима разработка новых месторождений, всё менее продуктивных – эти месторождения будут давать всё меньше урана и всё больше вредных отходов с повышенным содержанием радиоактивных изотопов. А это станет огромной проблемой для здоровья людей и для окружающей среды в соответствующих регионах.

Предполагаемые сложности со снабжением ураном ещё более обостряют вопиющее неравенство стран-производителей и стран-потребителей урана. В мире есть только две страны, производящие электроэнергию с помощью АЭС и не зависящие от импорта урана – это Канада и ЮАР. Основные страны, использующие АЭС, либо вообще не добывают уран (Франция, Япония, Германия, Южная Корея, Великобритания, Швеция, Испания), либо добывают меньше, чем требуется для работы их реакторов (США, Россия). Почти нигде в мире атомная энергия не является местным источником энергии. Россия может уже скоро столкнуться с первым кризисом в снабжении ураном. И такая ситуация отразится на атомных станциях в Европейском Союзе, поскольку они получают из России до трети своего топлива. Помимо России трудности в снабжении ураном могут появиться у Китая и Индии, если эти страны реализуют свои планы и расширят парк реакторов.

После всего сказанного ясно: ни снабжение топливом, ни утилизацию отходов 436 атомных реакторов, эксплуатировавшихся в

мире на начало 2010 года, нельзя считать надёжно обеспеченными на длительный срок. Строительство новых реакторов, обсуждаемое во многих странах и реализуемое некоторыми правительствами, ещё больше обострит проблемы. Поскольку запасы урана невелики и, как правило, требуют неоправданно высоких затрат на их разработку, то за стратегией всемирного расширения атомной энергетики неизбежно последует окончательный переход на плутоний, который потребует массовой регенерации отработавшего топлива и строительства быстрых реакторов-размножителей. Такой вариант развития возведёт бы в степень современные факторы риска атомной промышленности. В таком случае многократно возросло бы количество высокорadioактивных отходов, требующих захоронения. Следовательно, пришлось бы искать больше мест для захоронения с большей вместимостью.

5 Пятый миф: атомная энергетика служит защите климата

Подтверждённые научные данные и наблюдаемые по всему миру явления не оставляют сомнений в реальности изменений климата. Для достижения цели, которую поставило перед собой мировое сообщество – ограничить потепление климата двумя градусами Цельсия по сравнению с доиндустриальной эпохой – необходимо значительное снижение выбросов, вызывающих парниковый эффект. Эксперты по климату требуют снижения выбросов углекислого газа в индустриальных странах на 80-95 процентов к середине этого века. В густонаселённых, быстро развивающихся „пороговых“ странах необходимо смягчить резкий рост выбросов, а в перспективе остановить его и в конечном итоге тоже снизить. Если человечество хочет выжить, то таким странам, как Китай, Индия, Индонезия и Бразилия нельзя просто копировать модель благополучного общества промышленных стран Севера, основанную на сжигании ископаемого сырья. Ещё в меньшей степени могут придерживаться этой модели сами страны Севера.

Ничего удивительного, что сторонники атомной энергии в этой сложной ситуации защищают ядерные технологии в качестве частичного решения проблемы. Причиной споров о будущей роли атомной энергии, с новой силой разгоревшихся во многих индустриальных, „пороговых“ и развивающихся странах, является её предполагаемый потенциал в деле сокращения выбросов, вызывающих парниковый эффект. Именно эта перспектива даёт возможность сторонникам атома спустя десятилетия стагнации и упадка в

атомной энергетике говорить о некоем „ядерном ренессансе“ и надеяться на успех своих идей. Атомные электростанции практически не производят углекислого газа (CO_2). Поэтому поклонники атомной энергии считают, что АЭС должны стать обязательным элементом сдерживания мирового потепления климата. „Наши перспективные планы в области энергетики“, – рассуждал ещё несколько лет назад руководитель дюссельдорфского энергетического концерна E.on Вульф Бернотат, – „должны найти решение конфликта двух разных целей – отказа от атомной энергии и резкого снижения выбросов CO_2 . Совместить их невозможно. Это иллюзия“ (*Berliner Zeitung*, 3 декабря 2005 года). Как и остальные деятели традиционного энергетического хозяйства, руководитель крупнейшего частного энергетического концерна в мире использует главный аргумент в пользу продолжения использования ядерных технологий для производства электроэнергии. Этот аргумент заключается в следующем: защита климата без использования атомной энергии обречена на неудачу. „Нелюбимые защитники климата“, – таков был девиз одной из самых дорогих рекламных кампаний атомного лобби. В памяти ещё сохранились симпатичные картинки. Например, на заднем плане АЭС Брунсбюттель в мягких лучах солнца, а на переднем плане мирно пасутся овечки. Текст такой: „Этот защитник климата 24 часа в сутки борется за соблюдение Киотского протокола“. На самом же деле старый реактор с лета 2007-го более двух лет боролся с техническими проблемами и с сомнениями в своей надёжности – и не выдал ни одного киловатт-часа электричества.

До сознания общественности постепенно доходит, насколько ложной является пропаганда, изображающая атомную энергию спасительницей климата. Потому что в глобальном масштабе у атомной энергии отсутствует потенциал для того, чтобы внести существенный вклад в решение проблемы. На самом же деле её значение в мировом энергоснабжении резко упадёт на протяжении ближайших десятилетий, несмотря на всю риторику насчёт ренессанса. Последнее исследование, подтвердившее это, провела компания „Basler Prognos AG“. Эти футурологи представили в своём анализе для федерального ведомства по радиационной защите отрезвляющий прогноз для атомной промышленности: доля атомной энергии в покрытии мировой потребности в электроэнергии снизится с 14,8 процента в 2006 году до 9,1 процента к 2020 году и далее до 7,1 процента к 2030 году (Prognos AG, 2009). К этим цифрам мы ещё обратимся впоследствии.

Как атомная энергия мешает последовательной защите климата

Уже приведённые факты показывают, что атомная энергия не может стать частью решения проблем климата в мировом масштабе из-за своего малого удельного веса. Напротив, она может стать даже частью проблемы в ходе предстоящей реструктуризации мировой энергетической системы, потому что всё больше стран стремятся перейти к энергетике на базе таких неистощимых источников энергии, как солнце, ветер, вода, биологическая и геотермальная энергия. В таком мире новые АЭС окажутся просто неконкурентоспособными. Но самое главное – они являются тормозом на пути к всеобъемлющему решению проблемы климата.

Как ни странно, но именно руководимый Вульфом Бернотатом концерн E.on внёс существенный вклад в просвещение, хоть и невольно. В начале 2009 года британское правительство организовало слушания по представленной ранее стратегии развития возобновляемых источников энергии. Этот план призван реализовать соответствующие директивы ЕС, то есть для начала повысить долю „экологичной“ электроэнергии до трети всего энергопотребления Великобритании. Затем эта доля должна вырасти. В письменных слушаниях поучаствовали E.on и заикленный на атомной энергии французский государственный концерн „Электриситэ де Франс“ (EDF) (UK Department for Business, Innovation and Skills, 2008). Оба концерна били тревогу. E.on предупреждал, что возобновляемые источники энергии придётся поддерживать „бесконечно“. И в таком случае концерн не сможет реализовать свои планы по строительству новых АЭС на острове. Лоббисты E.on в своём обращении к британскому правительству настаивают на ограничении доли экологичной электроэнергии одной третью, то есть величиной, которой Германия согласно планам „чёрно-жёлтого“ правительства должна достигнуть уже к 2020 году. А концерн EDF подробно разъяснил, почему доля экологичной электроэнергии свыше 25% ставит под вопрос планы по строительству новых АЭС в Великобритании.

А вот в Германии E.on сотоварищи оспаривают существование „системного конфликта“ между неравномерно поступающей электроэнергией ветра и солнца, с одной стороны, и атомной энергией с другой. Причина такой двучленной аргументации очевидна: то, что в Великобритании помешало бы строительству новых ректоров, не должно ставить под вопрос продление срока службы старых реак-

торов, к которому концерны стремятся в Германии, где в 2009 году уже 16 процентов электроэнергии происходило из возобновляемых источников. Причём очевидно, что атомные электростанции по экономическим причинам и по соображениям техники безопасности в будущем не смогут работать в условиях неравномерно подаваемой экологичной электроэнергии и значительных колебаний в потреблении. Атомные электростанции на протяжении месяцев вырабатывают максимальную мощность. Именно так они были спроектированы и именно поэтому они так выгодны их владельцам.

Правда, мощность некоторых реакторов можно регулировать в области, близкой к максимуму. Но такая необычная эксплуатация вредит их рентабельности, потому что при таком режиме эксплуатации, когда мощность зависит от потребления, при тех же затратах производится и, соответственно, продаётся меньше энергии. Она вредит также и безопасности, поскольку любое изменение мощности реактора вызывает дополнительную механическую, термическую и химическую нагрузку на важные узлы электростанции. Французский госконцерн EDF подтвердил это в рамках вышеупомянутого доклада на тему стратегии в области возобновляемых источников энергии британского правительства. На примере европейского реактора с водой под давлением (EPR) представители EDF подробно объяснили, почему возобновляемые источники энергии не должны составлять более 25 процентов британской энергетики. В качестве причины приводятся ограниченные возможности регулирования мощности АЭС. Даже такие современные реакторы, как EPR способны следовать за естественными колебаниями возобновляемых источников энергии только до тех пор, пока их вклад в электроснабжение не очень велик. В системе энергоснабжения, ориентирующейся на стабильность и защиту климата, атомная и экологическая техника стоят на пути друг у друга.

Правда, Великобритания с её долей возобновляемых источников энергии в несколько процентов (2010) ещё очень далека от этого. Не так обстоят дела в Германии. В нашей стране уже сейчас ощущаются последствия системного конфликта. И они обостряются с каждым годом. Уже недалёк момент, когда ограниченная способность АЭС изменять свою мощность не позволит им соответствовать изменениям в потоках энергии, полученной от ветра и солнца. Последствия данного феномена уже много раз можно было наблюдать в самой конкретной форме – на энергетической бирже EEX в Лейпциге. Там с осени 2008 года всё чаще отмечаются отрицательные цены на элек-

троэнергию. Это означает, что энергетические предприятия, производящие электроэнергию и желающие отправить её в сеть, должны сами заплатить за это. На первый взгляд такая ситуация кажется абсурдной, но она создаётся каждый раз, когда в Германии дует сильный бриз, а потребление энергии невелико, обычно так бывает в выходные и в праздники. Так было, например, в Рождество 2009 года. Целых 11 часов рыночная цена электроэнергии была ниже нулевой отметки, иногда достигая 120 евро за киловатт-час. Весь день 26 декабря средняя цена колебалась в районе „минус 35 евро“ за мегаватт-час. Для владельцев больших электростанций, которые в такой ситуации всё равно подают электроэнергию в сеть и предлагают её на бирже, быстро набегает шести- и семизначные суммы. Тем не менее, до сих пор поставщику электроэнергии выгоднее заплатить за подачу лишней электроэнергии со своих так называемых базовых электростанций, чем понижать и потом повышать мощность своих колоссов.

Обостряется конкуренция между атомной энергией и возобновляемыми источниками

Не подлежит сомнению, что здесь зреет опасный конфликт. Производство электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии растёт с каждым годом. Всё чаще будет создаваться ситуация, что при определённых погодных условиях они будут покрывать всё большую часть потребности в электроэнергии. И всё чаще придётся на несколько часов или даже дней снижать мощность больших электростанций, по крайней мере, сейчас электроэнергия из возобновляемых источников имеет преимущество при поступлении в сеть. То, что стало в конце 2009 года для концернов неприятным рождественским сюрпризом, будет всё чаще превращаться в будничное явление и в угрозу их доминированию. К 2020 году доля экологичной электроэнергии в энергообеспечении должна удвоиться по сравнению с 16 процентами в 2009 году. Федеральный союз возобновляемых источников энергии (BEE) считает возможным и троекратное увеличение. Симуляция энергоснабжения в Германии, смоделированная на основе этого прогноза по заказу кассельского Института ветряной энергии и техники энергетических систем им. Фраунхофера (IWES), подводит нас к выводу, что в нашей будущей энергетической системе остаётся всё меньше места для крупных электростанций, рассчитанных на непрерывную эксплуатацию (Fraunhofer IWES, 2009). На фоне таких перспектив атомные концерны обязательно будут использовать свою лоббистскую мощь против возобновляемых источников

энергии – и для них это будет тем более важно, чем больше их АЭС подключено к сети. Решение о продлении срока службы АЭС делает неизбежным будущий крупномасштабный конфликт между „чёрно-жёлтым“ правительством и концернами, которым правительство сейчас покровительствует.

Против продлённого срока службы реакторов говорит не только небезопасность АЭС, но и то опасение, что их дальнейшая эксплуатация может затормозить или совсем остановить перестройку энергетической системы в направлении возобновляемых источников энергии.

Несмотря на то, что „системный конфликт“ солнца и урана в Германии уже сегодня проявляется гораздо острее, чем на Британских островах, создаётся впечатление, что политикам о нём мало что известно. В отличие от экономистов. Компания “Prognos AG” считает вероятным, что при дальнейшем развитии возобновляемых источников энергии атомные электростанции всё чаще придётся переводить на меньшую мощность (Prognos AG, 2009). Совет экспертов по вопросам окружающей среды федерального правительства (SRU) объявил в 2009 году в своей декларации, что продолжение работы или новое строительство крупных электростанций на основе угля или урана несовместимо с параллельным развитием производства электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии. „Необходимо принять системное решение. С точки зрения экономики неразумно гнаться за двумя зайцами“, – заявили эксперты по окружающей среде, а затем решительно высказались „за системное решение в пользу возобновляемых источников энергии“. Сами концерны не комментируют такие публикации, потому что опасаются, что в такой ситуации станет очевидна вся абсурдность дебатов о продлении срока службы реакторов. Тем легче предсказать, что они возобновят свою борьбу против законодательного преимущества возобновляемых энергий в немецких энергетических сетях, как только будет принято решение о продлении срока службы реакторов.

Из всего вышесказанного очевиден вывод: идёт борьба за будущую энергетическую систему, то есть за тип взаимоотношений возобновляемых источников энергии и атома, а не обсуждение взаимодополняющих вариантов, в чём нас пытается убедить пропаганда атомной энергетики. Речь идёт не о взаимодополнении, а о взаимоисключении, или-или. „Широкий спектр энергий“, который нам предлагают энергетические концерны, не работает. Он не может работать в системе, в которой „возобновляемые источники энергии берут на себя основную часть энергоснабжения“. А именно к этому стремится „чёрно-жёлтое“

правительство согласно коалиционному договору, заключённому в октябре 2009 года. И в то же время оно обещает концернам продление срока службы атомных электростанций. Концы с концами не сходятся. Правительство пытается рассчитать квадратуру круга.

О том, как Германия сможет достичь своих долгосрочных целей в сфере энергетики и климатической политики, недавно сообщил Всемирный фонд дикой природы (WWF) в докладе под названием „Немецкая модель – защита климата до 2050 года“ (WWF Deutschland, 2009). Основной вывод исследования: это возможно, но только в случае, если все секторы энергетики подвернутся глубокой перестройке, а некоторые отрасли, среди которых производство электроэнергии, за 40 лет почти полностью избавятся от выбросов CO₂. Условием этого является политическая воля, которая сможет реализовать эти структурные изменения, несмотря на противодействие традиционных секторов экономики. Как и в Германии, во всём мире главный вопрос заключается в повышении эффективности в производстве и потреблении энергии. Принцип эффективности относится к зданиям, домашним хозяйствам, конечно, к промышленным процессам и транспорту. Речь идёт о переходе с угля на газ в качестве промежуточной стадии, а далее – о повышении доли возобновляемых источников энергии: солнца, ветра, воды, биомассы и геотермальной энергии, которые в конечном счёте только и должны остаться. Насколько существенный вклад сможет внести технология “clean coal”, т.е. отделение и дальнейшее хранение углекислого газа, образующегося при сжигании угля и природного газа, в глубоких геологических формациях – это ещё нужно доказать.

Очевидно, что атомная энергия в этом эпохальном процессе перестройки по многим причинам является „тормозящей технологией“, как это сформулировал совет экспертов по вопросам окружающей среды при федеральном правительстве. Не только потому, что базовые электростанции чрезвычайно мешают переходу на возобновляемые источники энергии, но и по причине существующей угрозы катастрофы, а также „связывания“ огромных инженерных сил и финансовых средств, которых так не хватает для перестройки энергетической системы. Кроме того, ни одна другая технология не подвержена в такой степени разным угрозам: одной тяжёлой аварии или террористической атаки на АЭС будет достаточно, чтобы окончательно подорвать доверие людей к этой технологии. В таком случае пришлось бы досрочно остановить большинство реакторов, по крайней мере, в демократических странах.

Атомная защита климата нереалистична

Переход от современной энергетической системы на основе ископаемых и атомных энергоносителей к полному обеспечению с помощью возобновляемых источников энергии неизбежен, если мы хотим достичь долгосрочных целей в области защиты климата на планете. Этот переход возможно осуществить с помощью известных и по большей части доступных технологий. Он будет тем дешевле, чем раньше мы начнём. На выходе мы получим устойчивую энергетическую систему, которая в равной мере минимизирует две главные опасности – это глобальные изменения климата и катастрофы на АЭС. Конфликт между эффективной защитой климата и параллельным отказом от атомной энергии оказывается на поверку корыстным изобретением сторонников атомной энергии. И нам совершенно не нужно делать выбор между хреном и редькой.

В Германии предполагается возвести минимум 10 новых АЭС, чтобы с помощью развития атомной энергетики достичь целей „чёрно-жёлтого“ правительства по снижению выбросов углекислого газа в энергетическом секторе на 40 процентов (по сравнению с 1990 годом) к 2020 году. Кроме того, придётся строить новые АЭС взамен старых, остановленных из-за износа реакторов. Ещё в 2002 году комиссия бундестага выяснила, каким будет план сокращения CO₂ до 2050 года, основанный на использовании атомных электростанций. Тогда учёные сочли необходимым наличие от 60 до 80 новых АЭС. Для сравнения: на начало 2010 года в Германии работали 17 атомных электростанций.

С учётом цифр для одной только Германии не нужна богатая фантазия, чтобы представить, какие нежелательные последствия имела бы в мировом масштабе атомная стратегия борьбы с изменениями климата. Чтобы выполнить требования по снижению выбросов CO₂ Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC), для достижения ощутимого эффекта необходимо построить тысячи новых реакторов. Они будут производить электроэнергию и риск катастроф не в 30 странах, а в 50, 60 или ещё больше. Тысячи потенциальных очагов катастроф были бы рассыпаны по земному шару, в кризисных регионах появились бы новые цели для военных и террористических нападений. Проблемы с захоронением отходов и опасность неконтролируемого распространения атомного оружия во всех регионах мира приобрели бы новый размах. Важно также, что из-за скудных запасов урана нынешние реакторы на лёгкой воде уже вскоре пришлось бы за-

менить на ещё более опасную и уязвимую плутониевую технологию, регенерационные установки и быстрые реакторы. И, наконец, огромные финансовые средства были бы потрачены на создание атомной инфраструктуры вместо борьбы с бедностью в мире.

6 Шестой миф: нужно повысить срок службы АЭС

В Германии вопрос о *новых* атомных электростанциях в новом тысячелетии поднимают только аутсайдеры, к которым, однако, иногда присоединялись некий Роланд Кох и некий Гюнтер Эттингер (до назначения на пост еврокомиссара по энергетике). Но даже этих высокопоставленных деятелей ХДС регулярно освистывают их однопартийцы. А в декабре 2008 года их освистал даже самый настоящий съезд их собственной партии. Большинство делегатов выступило против проекта комиссии по предложениям и решило, что в Германии не следует больше строить АЭС. Правда, это было популистское решение, не имевшее последствий. Потому что если бы какой-нибудь энергетический концерн и захотел бы построить в Германии новую АЭС, он не смог бы этого сделать. „Разрешения на строительство и эксплуатацию установок для промышленного производства электроэнергии не выдаются“, – записано в параграфе 7, абзац 1 закона о прекращении использования атомной энергии, принятого в 2002 году „красно-зелёной“ коалицией Бундестага. Пришедшее к власти в 2009 году „чёрно-жёлтое“ правительство тоже (пока) придерживается запрета на строительство новых АЭС. Правда, это мало волнует компании, эксплуатирующие АЭС – E.on, RWE, Energie Baden-Württemberg (EnBW) и Vattenfall Europe. Да и без всякого законодательного запрета в обозримом будущем ни один здравомыслящий руководитель концерна не рискнёт пойти на такую авантюру в Германии. Вместо прибыли он получил бы бесконечные убытки.

Совсем иначе обстоят дела со сроками службы реакторов, превышающими те, что были согласованы бывшим красно-зелёным правительством. Здесь голоса владельцев АЭС звучат настолько дружно и громко, как будто речь идёт о выживании их предприятий. А речь об этом вовсе не идёт. Дело и не в тех мотивах, которые концерны регулярно приводят в обоснование своих действий: не в защите климата, не в обеспечении бесперебойного снабжения, не в независимости от импорта и уж тем более не в дешёвой электроэнергии для потребителей. Настоящая причина кроется исключительно в больших деньгах и в обеспечении позиций на рынке для доминирующих предприятий.

Учёные выяснили, о каких деньгах идёт речь, после того, как в по-

вестку дня текущей политики вернулся спор о продлении сроков службы, который вообще-то должен был завершиться с принятием закона о прекращении использования атомной энергии в 2002 году. Недавно и банковские аналитики подсчитали для потенциальных инвесторов, какой денежный дождь прольётся на владельцев АЭС, если федеральное правительство действительно выполнит то, что зафиксировано в коалиционном договоре. Летом 2009 года банк земли Баден-Вюртемберг (LBBW) определил дополнительную прибыль брутто концернов в диапазоне от 38 до 233 миллиардов евро. Нижний предел будет достигнут, если срок службы всех реакторов будет продлён на 10 лет свыше предусмотренных законом 32-х, а биржевая цена электроэнергии на протяжении этого периода останется умеренной. Верхний предел будет достигнут при продлении срока службы на 25 лет и при высоких биржевых ценах на электроэнергию. В ожидании обильных дополнительных прибылей резко возросла бы и капитализация четырёх концернов. У концерна E.ON она могла бы даже удвоиться, считают представители банка, которые именно по этой причине считают продолжение эксплуатации АЭС разумным шагом.

Этими огромными суммами и объясняется, почему хозяева концернов готовы пойти на удар по собственному имиджу, к которому, безусловно, приведёт кампания в поддержку старых и ненадёжных реакторов. Потому что не получится без потерь отказаться от прекращения использования атомной энергии. Уже несколько лет противники атомной энергии и экологические объединения проводят кампанию под лозунгом „Покончим с атомной энергией сами!“, призывая клиентов концернов выбрать поставщиков экологически чистой электроэнергии. Фирма „Ваттенфалль“ потеряла в результате этой кампании и серии аварий на АЭС в Брунсбюттеле и Крюммеле сотни тысяч клиентов.

Атомные концерны не выполнили обещания

„Каждая из сторон приложит усилия, чтобы содержание этого соглашения претворялось в жизнь“, – торжественно объявили посланники крупнейших энергетических концернов в соглашении с „красно-зелёным“ правительством о прекращении использования атомной энергии от 14 июня 2000 года. Среди подписавших был и Геральд Хенненхёфер, который в качестве уполномоченного по экономической политике фирмы „Viag“ (предшественника E.ON) участвовал в подготовке соглашения, а с осени 2009 года в качестве руководителя отдела безопасности реакторов в министерстве окружающей среды даёт обратный

ход этому соглашению о прекращении использования атомной энергии; допустим ли с правовой точки зрения такой переход „на другую сторону“ для юриста, который уже руководил реакторным отделом в министерстве окружающей среды до 1998 года при Ангеле Меркель – это предмет политических разбирательств. После подписания договора, примерно через год после парафирования, взял слово председатель правления E.ON Ульрих Хартман. Вот отрывок текста: „Политические компромиссы – это вопрос доверия. Соглашение является первым шагом. Главное – чтобы обе стороны и в будущем придерживались духа и буквы соглашения. Мы к этому готовы“. Спустя три года руководитель E.ON Утц Клаасен категорично поддержал коллегу, заявив, что соглашение не будет пересматриваться ни при каких условиях: „Я не спекулирую относительно изменившегося состава правительства, мне не позволяет это моё уважение к федеральному канцлеру“. Перед выборами в бундестаг в 2005 году Клаасен ещё раз высказался в том же духе, заверив относительно возможного пересмотра соглашения об атоме: „Промышленность не может требовать надёжного планирования и при этом ставить под вопрос собственные договорённости, соглашения и подписи“.

Но как только опросы общественного мнения стали свидетельствовать о возможности появления более дружественного к „мирному атому“ правящего большинства, верность концернов своим обязательствам куда-то пропала. E.ON, RWE и Vattenfall Europe дружно попрощались с „духом и буквой“ договора, торжественно подписанного их руководителями совместно с важнейшими представителями государства. И Германия узнала, ещё за несколько лет до финансового кризиса, что в начальственных кабинетах крупнейших предприятий страны сидят не только самые порядочные господа. Потому что порядочные руководители соблюдали бы договор, несомненно отвечающий чаяниям большинства населения, даже в том случае, если бы скрепили его лишь пожатиями рук.

„Немецкие станции безопасны“, – заявил бывший предприниматель-сталелитейщик Юрген Гроссман, с 2007 года руководящий концерном RWE, после выборов в Бундестаг 2009 года. По его словам, в возрасте 32-х лет немецкие АЭС находятся „в самом расцвете сил“, а их приходится останавливать. В мире гораздо чаще рассчитывают на „срок службы в 50-60 лет“, бодро и непринуждённо продолжил шеф RWE. Но факты говорят о другом: 130 АЭС, окончательно остановленных в мире на конец 2009 года, имели на момент остановки средний возраст около 23 лет, а реакторы, эксплуатируемые в мире в 2010

году, имеют средний возраст 25 лет. В истории было лишь несколько реакторов, отключённых после 40 и более лет эксплуатации, и ещё ни один реактор не работал 50 лет, не говоря уже о 60-ти (Prognos AG, 2009). Вот таковы факты для Юргена Гроссмана, который борется за сохранение своих старых реакторов в Библисе.

Что принесёт изъятие дополнительных прибылей?

Представители ХДС и СвДП всегда заверяли, что предполагаемое продление сроков службы АЭС „не будет бесплатным“ для тех, кому оно выгодно. Полученные при этом дополнительные прибыли придётся потратить по выбору либо на изучение и поддержку возобновляемых источников энергии, либо на снижение цен на электроэнергию или на другие цели, вроде бы популярные у граждан. Владельцы реакторов после прихода к власти „правильного“ правительства осенью 2009 года демонстрировали готовность к сотрудничеству. Но так было не всегда, и федеральному канцлеру с министром окружающей среды неплохо было бы вспомнить, что концерны ещё во времена „красно-зелёной“ коалиции нарушали подписанные ими соглашения. Когда за несколько дней до выборов 2005 года казалось, что явное преимущество у „чёрно-жёлтой“ коалиции, вышеупомянутый Вальтер Холефельдер, в то время – руководитель E.ON и по совместительству президент Немецкого автомобильного форума, откровенно высказался по вопросу частичного удержания дополнительных прибылей от продления сроков службы реакторов: по его мнению, изъятие прибыли „с точки зрения экономики совершенно неприемлемо“. И ещё: „Какой интерес в увеличении сроков службы для предприятий, работающих в условиях рыночной экономики, если мы не получим прибыли?“ (*Berliner Zeitung*, 9 августа 2005 года).

Коалиция, пришедшая к власти в 2009 году, заверяет, что собирается использовать АЭС только непродолжительное время в качестве „моста“ для перехода в эпоху возобновляемой энергии. Это звучит удивительно: но в этом „чёрно-жёлтая“ коалиция не отличается от своих „красно-зелёных“ предшественников, которые, как известно, в 2000 году тоже добились не немедленного прекращения использования атомной энергии, а поэтапного отказа от неё. Сопоставление количества останавливаемых по закону АЭС с прогнозами о приросте возобновляемой энергии, регулярно составляемыми для министерства окружающей среды, показывает, что количество электроэнергии с ветряных, солнечных и биоэнергетических электростанций будет всегда существенно превышать потери от атомной энергии вплоть до остановки последнего ре-

актора (ВМУ, 2009). Таким образом, согласно принятому в 2002 году закону „функция моста“ атомной энергии в Германии заканчивается между 2020 и 2025 годом. Кроме заинтересованности концернов в прибыли нет ни одной разумной причины что-либо менять в этих планах. Такой причиной не являются и провалы в энергоснабжении, которыми периодически пугают ушлые аналитики. Таких провалов не будет, потому что угольные и газовые электростанции останутся в сети гораздо дольше названных сроков и даже получают пополнение.

Попытка схитрить с прекращением использования атомной энергии

Настоящая сложность заключается, однако, в том, чтобы предоставлять неравномерно поступающую природную энергию круглый год, в нужное время и в нужном месте. Это станет возможным, если поэтапно перестроить и расширить сети, усилить места подключения к зарубежным сетям, использовать имеющиеся аккумуляторы и насосно-аккумулирующие электростанции не для лишней электроэнергии с АЭС, а для стабилизации подачи ветряной энергии, развивать новые системы аккумулирования энергии (Институт солнечной энергии в Юлихе / Высшая школа Аахена, 2009). Но эта поддержка перехода не ведётся вообще или, в лучшем случае в том же темпе, в котором 20 000 мегаватт атомной энергии постепенно уходят из сети, вместо того, чтобы быстро исчезнуть, как планировалось.

В дорожном строительстве никто бы не додумался до того, чтобы строить мост, удлиняющий путь из точки А в точку Б. Но именно так обстоит дело со сроками службы старых АЭС. Путь в эпоху возобновляемой энергии стал бы дольше и Германия превратилась бы из лидера перехода на новую энергию в отстающего.

7. Седьмой миф: атомная энергетика переживает ренессанс

Сегодня атомные электростанции являются более или менее важной составной частью энергоснабжения в 30 странах, практикующих коммерческое использование атомной энергии. То есть они формируют основу экономики этих стран. Поэтому будущее зависит именно от энергетического хозяйства каждой из стран – если не вмешиваются посторонние стратегические или военно-стратегические интересы. А энергетика обычно принимает решения, исходя из трезвых экономических соображений. На вопрос о том, чем

становится атомная энергетика – лицензией на печатание денег или бездонной бочкой, можно ответить в зависимости от следующих обстоятельств: если реактор уже 20 лет надёжно даёт электроэнергию и можно ожидать, что он будет производить её ещё 20 лет, то это первый вариант (по крайней мере, до первой катастрофы, спящей в каждой атомной станции). Но если атомную электростанцию нужно сначала построить, да ещё и нового типа, то от такого проекта инвесторам лучше держаться подальше. А если удастся переложить все трудности на кого-то третьего? Например, на налогоплательщиков или на потребителей электроэнергии. В принципе, так и делается во всём мире – даже если государство само строит реакторы, эксплуатирует их и занимается затем утилизацией. В конечном итоге именно граждане платят по счетам.

Для частных инвесторов, которые хотят или вынуждены принимать решение об инвестициях в электростанции, АЭС явно не являются сегодня приоритетом. Это подтверждается и практикой. По статистике МАГАТЭ на начало 2010 года в мире эксплуатировались 436 атомных реакторов с общим производством электроэнергии примерно 370 000 мегаватт. Исторический максимум в 444 реактора был пройден в 2002 году, с тех пор число реакторов медленно, но непрерывно сокращается. В США работают 104 реактора, но там с 1973 года производители реакторов не получили ни одного заказа, который не был бы затем аннулирован. Так или иначе, с 2007 года американцы являются владельцами самого старого реактора-долгостроя: в том году возобновились работы на втором блоке АЭС в Уоттс Бар. Реактор предполагается построить к 2012 году – спустя 40 лет после закладки. В Европе (за исключением Франции) изготовители реакторов до 2005 года 25 лет ждали заказов. Да и теперь их всего два: один реактор в финском Олкилуото, а с 2007 года – ещё один во Фламанвилле на французском берегу Ла-Манша.

Европейский реактор с водой под давлением (EPR) консорциума Areva/Siemens за короткое время превратился для всех участников из образцово-показательного реактора западного атомного лобби в кошмар. Рост расходов с первоначальных трёх миллиардов евро до 5,4 миллиарда (2009) и задержка с вводом в эксплуатацию на три с половиной года (2012) привели к тому, что заказчики и строители судятся теперь в одном из арбитражных судов Европы, а суммы претензий исчисляются миллиардами. И второй EPR уже отличается существенным ростом стоимости и задержками.

Итак: кроме азиатских, а вернее, китайскихстроек спрос на ядерные установки остаётся весьма скромным. Из 56 атомных электро-

станций, строящихся в мире на начало 2010 года по данным МАГАТЭ, две трети находятся в Азии. Китай, в котором в начале 2010 года в стадии строительства находились 20 реакторов, за два года запустил 15 новых проектов. У восьми проектов, в первую очередь в России и в Восточной Европе, с начала строительства прошло уже более 20 лет. Обычно такие стройки называют „строительными руинами“.

Возобновляемые источники энергии развиваются по всему миру

Анализ фирмы “Basler Prognos AG” для федерального ведомства по радиационной защите мы уже упоминали. Учёные задались вопросом „Переживает ли атомная энергетика ренессанс?“ и изучили на основе мирового опыта и проектов в области строительства АЭС действительно вероятные тенденции. Их вывод настолько же однозначен, насколько и убийственен для атомного лобби: до 2030 года не будет ренессанса использования атомной энергии. Напротив, авторы прогноза предполагают, что число эксплуатируемых АЭС в мире к 2020 году уменьшится на четверть, а к 2030 году – на тридцать процентов (Prognos AG, 2009). Вследствие этого доля атомной энергии во всемирной выработке электроэнергии в 2030 году составит менее половины от показателя 2006 года. То есть атомная энергия в качестве инструмента против климатической катастрофы – не более чем иллюзия. Тем более – с учётом бурного роста производства электроэнергии с рубежа веков и до начала финансового и экономического кризиса. Установленная мощность электростанций росла ежегодно примерно на 150 тысяч мегаватт. Доля атомной энергии в этом росте составляла примерно два процента. А в 2008 и 2009 году и того меньше. В эти годы в мире были запущены две АЭС с общей мощностью целых 1000 мегаватт, в то же время были остановлены четыре блока мощностью около 3000 мегаватт. Ещё только развивающаяся ветряная энергетика дала за эти два года, несмотря на глобальный экономический и финансовый кризис, рост установленной мощности в 60 тысяч мегаватт.

Насколько незначительной кажется роль атомной энергии в условиях гигантского глобального роста мощности электростанций, настолько же решительно владельцы АЭС борются за продолжение работы своих реакторов, выходящее далеко за рамки установленных изготовителями сроков в 25-30 лет. По оптимистичным сценариям Международного агентства по энергетике (IEA) средний срок службы существующих реакторов составляет 45 лет. Контрольные органы

в США в предыдущие годы согласовали срок службы в 60 лет для более чем половины из 104 атомных реакторов. Реальный средний возраст американского парка реакторов составляет в 2010 году 30 лет.

Пока не случилось тяжёлых аварий, не нужен дорогой ремонт, нет длительных остановок и не требуется замена основных компонентов (например, парогенератора) из-за износа или коррозии, старые, снятые с производства реакторы класса „1000 мегаватт“ не имеют конкурентов по цене производимой электроэнергии. Продление сроков службы оттягивает „печальный финал атомной энергетики“, то есть остановку и снос больших реакторов и связанные с этим миллиардные затраты. А поскольку при эксплуатации АЭС невелики расходы на топливо, предприниматели везде рассчитывают на миллиардные дополнительные доходы.

Махинации со сроками службы вообще никак не связаны с возможностью атомного ренессанса. Скорее наоборот. Потому что требования „дополнительного времени“ показывают, что производители электроэнергии по экономическим соображениям не решаются на инвестиции в новые АЭС, и пытаются заработать быстрые деньги на старых станциях. И делают это, несмотря на возрастающую угрозу аварии на реакторах из-за их старения.

Продолжающееся несколько десятилетий падение конъюнктуры для атомной энергии так не остановить. В США агрессивная пропаганда атомной энергетики, проводившаяся на протяжении восьми лет администрацией Буша, не породила ни одного нового проекта. В Западной Европе имеются целых две стройки. Несмотря на это уже десятки лет нам подбрасывают исследования, якобы подтверждающие конкурентоспособность новых АЭС по сравнению с другими технологиями производства электроэнергии. Но вот в чём их недостаток: этим прогнозам верят, конечно, их авторы и заказчики – но только не потенциальные инвесторы строительства новых электростанций. Это первая из причин неуверенности насчёт реальных расходов на новое поколение атомных электростанций. Не существует достоверных данных о главных статьях расходов, например, о расходах на строительство, на финансирование, утилизацию отходов и снос. Это связано с тем, что аналитики скептически оценивают почти все опубликованные оценки. Потому что авторами этих цифр являются, как правило, изготовители, желающие продать электростанции. Или это правительства, лоббистские союзы и группы, пытающиеся улучшить образ непопулярной атомной энергии в глазах граждан хотя бы за счёт якобы низких цен на электроэнергию.

Но помимо интересов существуют и объективные проблемы: каждый раз реакторы новой серии страдали огромными задержками на этапе строительства, дорогостоящими „детскими болезнями“ и длительными остановками, поэтому потенциальные инвесторы крайне подозрительно относятся к неизменно оптимистичным прогнозам изготовителей реакторов. Их опыт таков: на протяжении пятидесяти лет атомная промышленность много обещала и редко выполняла свои обещания. В США было заказано строительство более 250 реакторов, но почти половина заказов была аннулирована, прежде всего из-за того, что расходы на готовые АЭС в среднем более чем удваивались. Журнал „Форбс“ назвал упадок атомной промышленности США в середине 80-х годов „величайшей управленческой катастрофой в истории экономики“. Из тысячи АЭС, которые американская Комиссия по атомной энергии (АЕС) в 70-е годы планировала построить к концу века, было действительно построено только 13%. Сходный опыт получили и производители реакторов в Западной Европе, и государственные предприятия в Восточной Европе.

Эффективность новой электростанции невозможно предсказать. Ещё в большей степени это относится к новым типам реакторов, базирующимся на неиспытанной технике. Нью-Йоркское рейтинговое агентство „Moody’s“ в своём исследовании, опубликованном летом 2009 года, предполагает, что производители электроэнергии, реализующие планы по строительству новых АЭС, будут регулярно терять рейтинг из-за непредсказуемых факторов риска. В то время как новые технологии (в том числе и за пределами сегмента электростанций) обычно вследствие „эффекта обучения“ стабильно и предсказуемо двигаются в сторону понижения цен, изготовители реакторов спустя более чем полвека с начала коммерческого расщепления ядра топчутся на том же месте. Поэтому в 70-х и 80-х годах производители реакторов изготавливали всё более крупные реакторы – в надежде, что они будут давать более дешёвую электроэнергию, чем небольшие станции. Но такая „экономия за счёт масштаба“ не решила проблему. Более экономичные реакторы на протяжении десятилетий так и остались невыполненным обещанием изготовителей реакторов. Не только с точки зрения техники безопасности, но и с точки зрения финансов атомная энергия остаётся очень рискованной технологией.

Субсидии против ядерной депрессии

Это особенно касается США. В течение восьми лет администрация Буша пыталась всеми способами подвигнуть производителей электроэнергии в стране на строительство новых реакторов. Речь

шла о 300 новых атомных электростанциях к 2050 году. Но возрождение атомной промышленности заставляет себя ждать (Squassoni, 2009). Своему преемнику Барак Обама Джордж Буш оставил в наследство толстую папку с согласованиями щедрых субсидий для сомневающихся энергетиков. Самыми важными считаются государственные гарантии на 80 процентов общей стоимости проектов для первых возводимых реакторов. В результате огромный финансовый риск, например, из-за регулярных задержек со строительством новых АЭС, перекладывается с энергетиков и изготовителей реакторов на налогоплательщиков. Кроме того, специальные налоговые послабления призваны искусственно снизить цену на электроэнергию с новых атомных электростанций. Процедура получения разрешения на строительство была упрощена. Государство берёт на себя большую часть расходов, связанных с этой процедурой. Ещё более уменьшилась ответственность предприятий в случае аварии. Рассматривается даже возможность помощи из-за рубежа: правительства Японии и Франции рассматривают возможность собственных субсидий для американских реакторов, если в строительстве примут участие инвесторы из этих стран.

И тем не менее: американская атомная промышленность не воспринимает всё это как причину для полной уверенности в будущем. Наоборот, она косвенным образом объявила широкомасштабную государственную поддержку недостаточной. По мнению её представителей, для подлинного ренессанса нужно обложить угольные и газовые электростанции дополнительным налогом на CO_2 . Новые атомные электростанции будут конкурентоспособны по отношению к традиционным электростанциям только при налоге на CO_2 от 100 долларов за тонну, подсчитали в Массачусетском институте технологий (MIT) ещё в 2003 году. Научная служба конгресса США рассчитала в 2008 году цены на электроэнергию новых АЭС, и они превышали все конкурирующие технологии с малыми выбросами CO_2 , кроме солнечной энергии – но и цены на солнечную энергию в США стремительно понижаются (Karlan, 2008). И тогда стало окончательно ясно, что никакие субсидии не помогут без одновременного повышения цен у конкурентов, работающих на угле и газе, с помощью налога на CO_2 или системы торговли выбросами. И даже в таком случае современные газовые электростанции оказались бы, по мнению аналитиков Конгресса, более выгодными. Откровенно говоря, технология, которая нуждается для сохранения своей конкурентоспособности в таком объёме государственной поддержки, является с экономической точки зрения мёртворождённой.

Однако Барак Обама и его министр энергетики Стивен Чу не отбросили окончательно вариант с развитием атомной энергетики. В бюджете на 2011 год запланированы кредитные гарантии на строительство новых реакторов в размере 54 миллиардов долларов – уступка могущественной в США коалиции, выступающей против каких-либо мер по борьбе с изменением климата. И всё же никто не рассчитывает на то, что нынешняя администрация будет продолжать поддерживать атом так же агрессивно, как это делало правительство Джорджа Буша. В 2010 году Обама, как мы уже упоминали, отменил все бюджетные ассигнования на возведения спорного могильника в Юкка Маунтин. Даже если что-то в этом деле изменится, вопрос о долговременной безопасности останется по-прежнему нерешённым. Кроме того, приблизительные подсчёты в 2009 году показали, что планируемой мощности могильника не хватит, чтобы принять гражданские атомные отходы, образующиеся до 2020 года, не говоря уже об отходах военного происхождения и отходах АЭС, которые будут эксплуатироваться и после 2020 года.

Американское ведомство по контролю над атомной промышленностью NRC опубликовало в начале 2009 года список 17 заявок на строительство 26 блоков реакторов. Но никто, в том числе и само американское правительство, не верит в то, что будет построен хотя бы десяток реакторов, и то в лучшем случае. Неуверенность потенциальных инвесторов очень велика, и причина этого в анализах и прогнозах с Уолл Стрит и от других независимых экспертов. А они пугают всё более драматичными подсчётами расходов. По самым последним оценкам расходы на строительство в среднем в четыре раза превысят суммы, называвшиеся в начале разговоров о ренессансе. В анализе прибыльности, опубликованном летом 2009 года Марком Купером из Вермонтской юридической школы, автор приходит к выводу, что атомная энергия с большим отрывом является „наихудшей опцией“ для решения проблем с энергоснабжением в США (Cooper, 2009). По его расчётам, электроэнергия с АЭС будет стоить от 12 до 20 центов за киловатт-час, в то время как благодаря инвестициям в повышение эффективности производства и в возобновляемые источники энергии цена на электричество упадёт в среднем до 6 центов. Если к 2050 году будет построено 100 новых АЭС (этого числа как раз хватит, чтобы заменить действующие сейчас АЭС), то это обойдётся американскому обществу за время эксплуатации этих новых реакторов в чудовищную сумму от 1,9 до 4,4 триллиона долларов – именно настолько дороже обойдутся АЭС, по сравнению с энерге-

тической стратегией, включающей инвестиции в энерго-эффективность и возобновляемые источники энергии.

Отрезвляющие экономические перспективы по ту сторону Атлантики вызваны не назойливым пессимизмом критиков атомной энергии, и американцы могут убедиться в этом, наблюдая за событиями в Финляндии и во Франции, где соответственно с 2005 и с 2007 года сооружаются два новых реактора Западной Европы. И прототип европейского реактора с водой под давлением (EPR), создаваемый как третий блок атомной электростанции в Олкилуото, появился не по инициативе финских энергетиков, а под давлением политиков. Основной причиной стало растущее на протяжении 20 лет потребление электроэнергии, которое теперь в расчёте на единицу населения в Финляндии более чем вдвое превышает средний показатель по ЕС. Одновременно с этим в политике появилось опасение попасть в сфере электроснабжения в слишком большую зависимость от российского газа и не выполнить без новой АЭС национальные обязательства по защите климата, взятые на себя Финляндией в рамках киотского протокола. Заказ франко-германскому концерну Areva/Siemens в конечном счёте разместило энергетическое предприятие Teollisuuden Voima Oy (TVO), большая часть которого принадлежит государству.

Проектом в Олкилуото международное атомное сообщество хотело достичь двух целей. Во-первых, доказать, что спроектированная почти 20 лет назад электростанция двух европейских промышленных гигантов будет всё же построена. А, во-вторых, продемонстрировать, что на либерализованном рынке энергии атомная энергия может опять стать эффективным инструментом. Но с самого начала имелись обоснованные сомнения. Потому что финансирование стало возможным благодаря конструкции, при которой примерно 60 участников, в основном поставщики электроэнергии, в обмен на своё участие в проекте предоставили гарантии последующего приобретения производимой на реакторе энергии по сравнительно высоким ценам. Кроме того, TVO и консорциум изготовителей определили фиксированную цену в три миллиарда евро на реактор, сдаваемый „под ключ“. Такой договор, чрезвычайно привлекательный для покупателя, стал возможным благодаря тому, что консорциум Areva/Siemens срочно нуждался в принятии решения о строительстве. Ещё до начала строительства стало ясно, что подрядчик очень смело скалькулировал бюджет, чтобы обеспечить успех реактору-прототипу в конкуренции с традиционными электростанциями и другими поставщиками из атомного сектора.

Сначала, ещё во время разработки EPR в 90-е годы, непрерывно повышалась мощность реактора. Сам размер реактора должен был обеспечить рентабельность. Теперь EPR мощностью в 1600 мегаватт является самым мощным в мире реактором. Но те прогнозы, которые представляли реактор конкурентоспособным по сравнению с другими, в том числе неатомными вариантами, оказались ещё более иллюзорными, чем это предсказывали противники атомной энергии. Кроме уже упоминавшегося увеличения сроков строительства на три года и резкого роста расходов на 80 процентов, не были выполнены и другие намерения. Так, например, при расчётах рентабельности исходили из того, что реактор будет работать 90 процентов своего срока службы – величина, к которой даже не приближался ни один пилотный проект. То же относится и к запланированному сроку службы в 60 лет. Поэтому ещё задолго до реализации проекта ясно: Олкилуото-3 никогда не смог бы конкурировать с неатомными альтернативами с учётом изменившихся рамочных условий. В других сферах экономики для таких предложений существует чёткое определение: демпинг.

В эту картину вписываются и условия финансирования проекта, на которые оказали влияние интересы стран, в которых располагаются изготовители реактора – Aegva и Siemens. Баварский земельный банк, находящийся в Мюнхене и на 50 процентов принадлежащий федеральной земле Баварии, в пределах которой находится и фирма Siemens, стал партнёром международного консорциума, поддержавшего финский проект EPR дешёвым кредитом (сообщалось о ставке 2,6 процента) в размере 1,95 миллиарда евро. А французское правительство поддержало Aegva через агентство Sofase экспортными кредитными гарантиями в размере 610 миллионов евро. Сомнительно, что без государственной поддержки дело когда-нибудь дошло бы до инвестиций в атомную электростанцию.

На второй стройплощадке EPR на нормандском побережье под Фламанвиллем такой проблемы поначалу вообще не возникало. Здесь государственное предприятие Aegva строит реактор с водой под давлением для государственного поставщика электроэнергии „Электриситэ де Франс“ (EDF). Как и в Финляндии, расходы вышли из-под контроля. В начале 2010 года стройка по сообщениям газет на два года отставала от плана. Номера 3 и 4 серии EPR будут строиться в Китае – тоже в условиях государственной экономики.

Вследствие большой неуверенности со строительством атомных электростанций поставщики энергии и производители реакторов

вынуждены привлекать „рискованный капитал“ по соответственно высоким ценам, поскольку сами не могут или не хотят вести такое строительство. Расходы на капитал становятся в результате второй большой проблемой при финансировании строительства АЭС наряду с расходами на собственно стройку. Эта проблема также обострилась в результате либерализации рынков энергии в важнейших индустриальных странах. Финансовый и банковский кризис ухудшил положение ещё и потому, что в результате экономического спада существенно упал спрос на электроэнергию.

Раньше всё было лучше – по крайней мере, для тех, кто строит, покупает или финансирует атомные электростанции. Если во времена государственных поставщиков-монополистов инвесторы могли исходить из того, что их капитал даже при неэффективной работе реактора всё равно будет рефинансирован за счёт потребителей, то на либерализованном рынке энергии на это уже меньше надежды. Атомная энергия с её заоблачно высокими начальными инвестициями и сроком окупаемости в десятки лет плохо вписывается в свободный рынок. Резко растут расходы на капитал – если потенциальные инвесторы не предпочтут сразу вкладывать свой капитал в другие технологии, у которых нет подобных проблем. Так было во многих странах, в которых в последние десятилетия наблюдался бум высокоэффективных газовых электростанций: строительные расходы на установленный киловатт-час оказались намного ниже, дистанция между заказом на строительство и началом эксплуатации коротка, конструктивные узлы, как правило, серийно изготавливаются на фабриках. Притом, что и цены на природный газ, составляющие в общих расходах более значительную долю, чем для урана на АЭС, на протяжении длительного времени оставались относительно невысокими, и поэтому у АЭС не было ни малейшего шанса. С тех пор цены на газ выросли, но в то же время был достигнут значительный прогресс в технологиях возобновляемой энергии. Во многих местах уже достигнута граница, начиная с которой для финансистов с любой точки зрения более выгодными оказываются инвестиции в эти ключевые технологии XXI века, а не в новые серии реакторов. И это тоже затруднит изготовителям реакторов привлечение необходимого им инвестиционного капитала.

8 Конец мифа об атомной энергии

Как мы увидели, целый клубок неясностей превращает атомные электростанции для инвесторов в игру ва-банк. Ни у каких других электростанций нет хотя бы приблизительно таких долгих сроков между принятием решения об инвестициях и началом коммерческой эксплуатации. “Prognos” рассчитал среднюю по миру величину, составляющую восемь лет одного только строительства. Возможно появление огромных проблем с планированием, задержек с согласованиями, потому что ответственные ведомства, находящиеся под общественным контролем, особенно педантичны в вопросах атомной энергетики, потому что новые сведения о вопросах безопасности могут привести к отмене согласований или противники атомной энергии могут выиграть судебный процесс. Например, решение о строительстве последней британской АЭС „Сайзвелл В“ было принято в 1979 году, а коммерческая эксплуатация началась 16 лет спустя.

В отличие от большинства других типов электростанций АЭС ещё десятки лет после окончания эксплуатации требуют высоких расходов: на утилизацию радиоактивных отходов, контроль над остановленными реакторами, снос реакторов после более или менее длительного периода времени. Все эти средства необходимо заработать во время эксплуатации АЭС и отложить „на потом“. Суммы, необходимые для этого, а также для страхования от возможных аварий, различаются в разных странах. Их более точную оценку затрудняет то обстоятельство, что вычета начисленных процентов на протяжении такого периода времени не происходит. При учётной ставке в 15 процентов, расходами, которые нужно выплачивать через 15 и более лет, можно пренебречь. Но поскольку эти расходы рано или поздно появятся, они становятся ещё одним источником неуверенности при финансировании строительства реакторов и расчёте расходов на производство электроэнергии.

Небольшой рост числа строящихся АЭС, наблюдающийся в последние годы несмотря на все описанные трудности, вызван, как уже упоминалось, исключительно событиями в азиатских странах и особенно в Китае, в котором на начало 2010 года имелось 20 строек. Сроки строительства АЭС в Китае составляют в среднем шесть лет, то есть они намного короче среднемировых. Но даже если Китай подключит к электросетям 50-60 реакторных блоков, запланированных к 2030 году, эти электростанции будут покрывать не больше четырёх процентов потребности Китая в электроэнергии.

А вот портфели заказов немногих оставшихся западных производителей так и останутся почти пустыми, в том числе и потому, что Китай всё больше опирается на собственную технику. Кроме дебатов о продлении сроков службы, за пределами Азии почти ничего не происходит. В большинстве заинтересованных стран ничего не слышно о конкретных новых проектах, несмотря на газетные утки. Дебаты о ренессансе атомной энергии ещё в большей степени, чем изготовители реакторов и поставщики электроэнергии, подогревают политики и публицисты, которые считают, что с помощью атомной энергии и при сохранении традиционных структур энергетического хозяйства в ближайшее время можно более успешно выполнить обязательства по защите климата и избежать перебоев в энергоснабжении. Такое отношение не останется без последствий. Потому что чем интенсивнее политики и общественность настаивают на возрождении ядерной техники, тем нахальнее потенциальные инвесторы требуют государственной поддержки.

Совершенно очевидно, что новые атомные электростанции конкурентоспособны только там, где они получают огромные субсидии. Или в тех государствах, где ядерные технологии являются частью государственной доктрины и расходы играют второстепенную роль. Поэтому если мы говорим о будущем строительстве реакторов в функционирующей рыночной экономике, то мы должны иметь в виду, что инвесторы получают помощь от государства по образцу, как это делается в США: для защиты от возможного удорожания строительства, от незапланированных длительных простоев, от колебаний цен на топливо и из-за непредсказуемых расходов на остановку, снос и утилизацию отходов. Кроме того, государствам придётся самостоятельно справляться с последствиями любой тяжёлой аварии с широкомасштабным выбросом радиации. Ни одно предприятие в мире не справится с этим самостоятельно. Страховые компании оплатят только часть ущерба – разную в зависимости от конкретной страны, но везде довольно смехотворную на фоне возможных потерь.

Как мы увидели, с точки зрения экономики атомная техника тоже играет уникальную роль. Спустя полвека после начала её коммерческого использования, осуществлённого с помощью миллиардных субсидий, представители атомной промышленности требуют и получают для нового запуска своего проекта новые государственные субсидии, исчисляемые миллиардами – как будто речь идёт о поддержке нового товара на рынке. Как это ни удивительно, их странные действия одобряют и поддерживают те политики, кото-

рые обычно требуют „больше свободного рынка“. Это те самые политики, которые во многих индустриальных странах много лет боролись против стартовой поддержки возобновляемых источников энергии – солнечной, ветровой, геотермальной, малой гидроэнергетики и биомассы, причём они пользовались аргументами из классической теории рынка. Тогда было решающее отличие, сохраняющееся и сейчас: расцвет атомной энергии остался в прошлом, а у возобновляемых источников он впереди.

9 Перед принятием решения: будущее энергоснабжения

Под впечатлением от климатического, ресурсного и финансового кризиса дискуссия об атомной энергии приобретает во многих странах новый размах. Тезис о „ренессансе ядерной энергии“, раскручиваемый изготовителями реакторов и их политическими и публицистическими „рупорами“, свидетельствует о решении фундаментальной значимости. Большинство АЭС, построенных в мире во времена первого и пока последнего расцвета ядерной энергии, приближаются к своему предельному возрасту. В ближайшие десять лет, и ещё острее в следующее десятилетие, необходимо будет чем-то восполнить стремительно падающие мощности атомных электростанций. Предметом дискуссии является выбор между активным развитием возобновляемых источников энергии (ветра, солнца, воды, биомассы и геотермии) и в целом более эффективной системой энергетики с постоянно снижающейся долей ископаемого топлива, и между продолжением производства электроэнергии на АЭС. Сегодня во многих крупнейших атомных странах особенно актуален вопрос о том, смогут ли старые реакторы работать дольше установленного срока. Такая возможность нравится энергетическим предприятиям, которые смогут сэкономить миллиарды инвестиций и получать прибыль за счёт дешёвого производства на списанных старых реакторах. Неизбежный при этом дополнительный риск может подсчитать для себя каждый менеджер: он не включает в расчёт тяжёлую аварию на его конкретной АЭС и во время его конкретного (как правило, не слишком длительного) периода ответственности. В этом заключается разница между его интересами и общими интересами: продление сроков службы многократно увеличивает риск катастроф; если все или многие АЭС эксплуатируются дольше, то существенно возрастает риск катастрофы хотя бы на одной из них.

Предстоящие решения по вопросу, как можно организовать надёжное энергоснабжение на планете в условиях изменений климата, роста населения, бедности и конечности ресурсов, выходят далеко за пределы будущего использования атомной энергии. Ответственность лежит на всех развитых индустриальных странах и на многих пороговых странах (хотя последние до сих пор атомную энергию не использовали или использовали в незначительных масштабах). Уже сейчас ясно: будущее – не в возрождении очень рискованной технологии середины прошлого века, обусловленном интересами традиционной энергетики.

Пока не происходит никакого ренессанса атомной энергии. Происходит ренессанс заявлений относительно атомной энергии. И он тоже не вчера начался. „Решения о прекращении использования атомной энергии отменяются, проектируются новые АЭС, и только Германия остаётся последним оплотом противников атома“, – радовалась газета „Wirtschaftswoche“ 21 сентября 1990 года в статье под заголовком „Ядерный ренессанс“. Из-за намеченного немецкой атомной промышленностью и „подходящей“ для неё „чёрно-жёлтой“ коалицией „прекращения прекращения“ использования атомной энергии именно в Германии наблюдается ренессанс обсуждений атомной энергии и (у некоторых) ренессанс надежд. Наблюдается возрождение общественно-политических дебатов в некоторых других странах, важных для будущего атомной энергии. Итог их пока неизвестен. Известных нам утверждённых проектов новых АЭС в мире не хватит даже, чтобы удержатъ неизменным вклад атомной энергии в мировое производство электроэнергии – и в абсолютном выражении, и тем более в относительном.

Проекты новых АЭС существуют сейчас только там, где такая форма производства электроэнергии является частью государственной политики. Или там, где правительства готовы давать миллиардные авансы на гарантии от факторов риска, связанных с технической и финансовой безопасностью. Тому, кто сегодня хочет строить новые атомные электростанции или, как, например, в США или в Великобритании, побуждается к этому политиками, государство необходимо в той же степени, как и пионерам атомной энергетики в 60-е годы прошлого столетия.

Это звучит парадоксально: выход атомной энергии на рынок в своё время удался благодаря тому, что не существовало рынка электроэнергии, на котором она могла бы оказаться нерентабельной. Предоставление электричества тогда считалось, с одной стороны, „естествен-

ной монополией“ из-за монопольного положения электросетей, и, с другой стороны, обеспечивало существование общества, поэтому оно передавалось в руки государственных или окологосударственных, но в любом случае монополистских предприятий. В большинстве индустриальных стран именно государство руководило внедрением атомной энергии в военных (открытых или завуалированных) целях, а затем - в промышленных и политических. Государство брало на себя огромные расходы на исследования, разработку и внедрение новой технологии либо напрямую, либо оказывая влияние на формирование цен на электроэнергию, перекладывая эти расходы на потребителей.

На свободном рынке электроэнергии строительство новых АЭС до сих пор является непривлекательным для предприятий. Не только в США есть гораздо более привлекательные возможности, с несравнимо более низким экономическим риском. Поэтому в рыночной экономике новые АЭС не строят даже при общем росте спроса на электроэнергию и мощности электростанций – необходимо, чтобы государство снова, как когда-то при внедрении атомной энергии, взяло на себя большую часть финансового риска. Это финский путь. И это станет американским путём, если ожидаемая некоторыми экспертами корректировка курса со стороны администрации Обамы не приведёт к отмене вожделенных решений о строительстве новых АЭС. Путь обильных субсидий не может стать всеобщим ещё и потому, что на настоящем рынке электростанций конкуренты из других секторов (а конкретнее - всё более весомые возобновляемые источники энергии) не согласятся безропотно с государственной поддержкой технологии полувековой давности. Такая критика уже слышна в США: представители организации “Natural Resources Defence Council” в 2009 году потребовали от американского сената, чтобы серии реакторов, уже испытанные за границей, не получали опять поддержку в США. Государственная поддержка атомной отрасли означает не только вмешательство в рыночные процессы, вредящее другим технологиям, но и неэффективный вариант перехода к энергетике с малыми выбросами углекислого газа (Cochran/Paine, 2009).

Непредвзятая оценка всех аспектов атомной энергии в начале XXI века приводит к однозначному выводу; в главном этот вывод тот же, что и 30 лет назад:

Риск катастрофы, который превратил тогда атомную энергию в самый спорный вид производства электроэнергии, по-прежнему сохраняется.

Новые террористические угрозы категорически исключают распространение этой технологии в нестабильные регионы мира.

Всемирное распространение атомных электростанций ещё быстрее, чем сохранение status quo, приведёт к истощению запасов топлива – урана, либо вынудит повсеместно перейти на реакторы-размножители. Такой вариант технологического развития означал бы окончательный выбор так называемого плутониевого варианта атомных технологий. И он поднял бы риск катастроф, террористических атак и распространения атомного оружия на новый, ещё более критичный уровень.

Независимо от использования реакторов-размножителей так и не решена проблема с захоронением радиоактивных отходов. Какое-то решение придётся найти, потому что эти отходы уже существуют. Но любое решение будет иллюзией. И одно это стало бы достаточной причиной, чтобы не обострять эту проблему человечества увеличением количества отходов.

Проблему изменений климата атомная энергия тоже не сможет решить. Даже опасная для общего развития концентрация всех финансовых средств в этой технологии в конечном счёте внесла бы лишь запоздалый и скромный вклад в уменьшение нагрузки на климат – и то в лучшем случае. Такая концентрация была бы нереалистичной и безответственной из-за нехватки строительных мощностей, гигантских расходов и многократного увеличения факторов риска. С учётом возрастной структуры существующих АЭС уже прослеживается гораздо более вероятный сценарий, а именно существенное снижение общей мощности реакторов в мире на протяжении ближайших десятилетий. Одновременно с этим приблизительные подсчёты показывают, что глобальная энергетическая стратегия, опирающаяся прежде всего на развитие возобновляемых источников энергии и на повышение эффективности энергетического хозяйства, промышленности, транспорта и отопления, будет в состоянии добиться необходимого снижения выбросов CO_2 и без привлечения атомной энергии. Такой вариант сопряжён с массой проблем, но и даёт невиданные возможности. Для того, чтобы решить эти проблемы, нужна всего лишь всемирная энергетическая политика, к которой рано или поздно присоединятся все государства, ответственные за выбросы, вызывающие парниковый эффект на планете. Пресловутая связь между защитой климата и использованием атомной энергии оказывается выдумкой атомной промышленности.

После всего сказанного становится ясно: без широкомасштабной

финансовой поддержки со стороны государства в обозримом будущем не произойдёт никакого ренессанса атомной энергетики. Это не значит, что такой ренессанс невозможен. Если в Китае (пусть судьба оградит живущих там людей от такого развития событий) не случится катастрофа, которая остановит строительство атомных электростанций, то в этой стране начнут работу десятки реакторов. До тех пор, пока не кончатся деньги или крупные электростанции не начнут и в Срединном Царстве тормозить развитие более рентабельных возобновляемых энергий. Да, энергетики хотят продолжать эксплуатацию старой, списанной техники, но главную роль в проталкивании атомной энергии в мире играют политики, находящиеся под впечатлением истощающихся ископаемых ресурсов, быстро растущих цен на энергию и ожидающие жёстких требований по защите климата. Именно эти три фактора подогревают дебаты в США и после замены пламенного сторонника АЭС Джорджа Буша на умеренного скептика Барака Обаму. Именно они стали причиной строительства реактора в Финляндии, породили движение за „прекращение прекращения“ использования атомной энергии в Германии и дискуссии о строительстве новых АЭС во многих других странах.

По всему миру политики стремятся работать в рамках старых структур и с экономическими субъектами, которых им хорошо знакомы. Поэтому некоторые из них не постесняются и спустя полвека после начала коммерческого производства электроэнергии на АЭС снова предоставить атомной энергии „стартовую поддержку“ – как будто это что-то само собой разумеющееся. В Германии на повестке дня пока нет строительства новых АЭС только потому, что никто из потенциальных заказчиков не хочет идти на столь непредсказуемый экономический риск. А также потому, что абсолютное большинство общества настроено против радиоактивных технологий. По этой причине RWE, E.on, EnBW и Vattenfall хотят ещё несколько десятков лет пользоваться тем, что у них есть – в ущерб общей безопасности. А политики „чёрно-жёлтой“ коалиции готовы им услужить. Они готовы продлить сроки службы старых реакторов, чтобы обеспечить миллиардные дополнительные прибыли именно тем концернам, на доминирующее положение которых они так любят жаловаться в своих торжественных речах.

Но принципиальный конфликт из-за будущего атомной энергии довольно редко разрешается по законам логики. „Атомная энергетика нуждается в изменении климата сильнее, чем изменение климата – в атомной энергии“, – так прокомментировал ситуацию ещё в

октябре 2007 года самый, пожалуй, авторитетный научный журнал “Nature”. „Если мы всё-таки хотим предотвратить катастрофическое потепление на Земле, то почему мы должны выбрать для этого самый медленный, дорогой, неэффективный, негибкий и рискованный вариант? В 1957 году были оправданы эксперименты с атомной энергией. Сегодня же атомная энергия стала препятствием на пути к стабильному энергоснабжению“.

И к этому нечего добавить.



**Энергетические стратегии будущего:
препятствует ли атомная энергия необходимым
системным реформам?**

Энтони Фрогатт и Майкл Шнайдер

ПРЕДИСЛОВИЕ

Миф об атомной энергии как о неисчерпаемом, самом выгодном и надёжном источнике энергии сильно пошатнулся во многих странах, но в то же самое время в некоторых частях планеты наблюдается его расцвет. В Германии сейчас даже крупные энергетические концерны признают, что будущее – исключительно за возобновляемыми источниками энергии. Официально споры ведутся только о том, к какому сроку можно и нужно остановить существующие АЭС. Сторонники атомной энергии запустили в оборот новый миф: атомная энергетика – это якобы необходимый этап на пути в эру солнечной энергии и необходимое условие энергоснабжения с минимальными выбросами CO₂. Опираясь на этот аргумент, либерально-консервативное правительство ФРГ приняло решение о „прекращении прекращения“ использования атомной энергии. Немецкие АЭС смогут продолжить работу, официально – в среднем еще на 12 лет, а на практике получится ещё дольше.

Это решение воспринимается как сигнал и за пределами Германии. Оно работает в пользу тезиса о некоем глобальном „ренессансе атомной энергии“. Сторонники этого тезиса не пользуются фактами, ведь на самом деле не наблюдается ничего похожего на бум атомной энергетике. Они пытаются выставить критиков атомной энергии „вечно вчерашними“, не замечающими новых тенденций. Споры вокруг атомной энергетике разгорелись с новой силой. Но остались старые вопросы: добыча урана, риск катастрофы, хранение радиоактивных отходов. Снова обсуждается вопрос о том, может ли атомная энергия помочь в борьбе с изменениями климата, повышает ли она энергетическую безопасность и как можно оценить растущую угрозу ядерного распространения.

Вот на каком фоне Фонд им. Генриха Бёлля попросил известных экспертов подготовить факты и аргументы, касающиеся важнейших мифов об атомной энергии. Результаты первого проекта были опубликованы в 2006 году в сборнике „Мифы об атомной энергии“, который пользовался большим спросом и был переведён на девять языков. Данная же публикация призвана дополнить и актуализировать первый сборник. Она рассчитана не только на „внутреннее употребление“, но и на определённую роль в международных спорах об атомной энергии.

В первую очередь статьи сборника развенчивают миф о „ренессансе атомной энергии“. Число АЭС в мире постоянно сокращается. На

данный момент в эксплуатации осталось всего 436 реакторов. В ближайшие 15-20 лет будет остановлено больше старых реакторов, чем запущено новых. Предполагается сооружение примерно 160 новых блоков АЭС, причём 53 из них должны быть возведены в Китае. Однако далеко не всем намерениям суждено реализоваться. Причиной могут стать, например, стремительно растущие цены на новые реакторы.

Чем в большей степени рынки электроэнергии открываются для свободной конкуренции, тем меньше шансов остаётся у атомной энергии. Потому что атомная энергетика оказывается в конечном счёте дорогой и рискованной. Стив Томас ясно показывает это в своём обзоре экономических аспектов атомной энергетики. Он детально описывает факторы, определяющие явные и скрытые расходы при эксплуатации АЭС. И его вывод таков: никакое частное предприятие сегодня не отважится на строительство новой АЭС без государственных субсидий и гарантий. Новые АЭС строятся прежде всего там, где государство и энергетическое хозяйство составляют альянс, а вернее, мезальянс. Причины осторожности инвестиционных банков очевидны. Расходы на строительство новых АЭС стремительно растут. Например, стоимость строительства новой АЭС в финском Олкилуото уже выросла с первоначальных 3 миллиардов евро до 5,4, хотя строительство только началось. К этому добавляются нерешённые проблемы хранения отходов, до сих пор не определённые расходы на прекращение эксплуатации АЭС, высокий риск аварийности. Кроме того, новые правила безопасности (например, по защите от террористической угрозы) представляют собой непредсказуемый финансовый риск для инвесторов.

Атомные электростанции всегда получали массированную государственную поддержку. Подсчёты для Германии дают нам сумму порядка 100 миллиардов евро. Это привилегированное положение атомной энергетики сохраняется по сей день. Так, например, миллиардные резервные фонды для утилизации атомного мусора и демонтажа АЭС не облагаются налогами. А финансовая ответственность владельцев АЭС ограничена суммой 2,5 миллиарда евро – ничтожно малая часть того ущерба, который причинит атомная авария даже средних масштабов.

К этим давно уже известным аргументам против атомной энергии добавляются новые. Например, угроза ядерного распространения растёт пропорционально количеству строящихся в мире АЭС. Отфрид Нассауэр показывает в своей статье, насколько тесно переплелись возможности гражданского и военного использования ядерных

технологий. Эти возможности больше не разделены великой китайской стеной, несмотря на все усилия Международного агентства по атомной энергии. Последний пример – Иран. Того, кто ни в какую не желает подвергаться контролю, в конечном счёте не получается принудить к этому.

Из статьи Генри Сокольски становится ясно, что это не единичный случай: несмотря на риторику “Global Zero”, т.е. стремление к полному ядерному разоружению, число государств, способных производить ядерное оружие, в ближайшие годы скорее увеличится, чем снизится. Для уменьшения риска распространения автор предлагает целый ряд новых шагов в международном сотрудничестве, в дополнение к ужесточению всемирного Договора о нераспространении ядерного оружия.

Независимо от того, закончатся ли мировые запасы урана через 30 или через 60 лет – эти запасы небезграничны, и их истощение наступит в обозримом будущем. Поэтому расширение использования атомной энергии сделает необходимыми регенерационные установки и быстрые реакторы-размножители для производства ядерного топлива. В обоих случаях мы имеем дело с началом плутониевого цикла, при котором образуются огромные количества высокотоксичных расщепляющихся материалов, пригодных для применения в бомбах – ужасная перспектива, которая до сих пор легкомысленно недооценивалась в общественных дебатах. Только отказ от гражданского использования ядерных технологий обеспечит мир, свободный от ядерного оружия, поскольку только при этом условии можно будет добиться отсутствия возможности для военного применения этих технологий.

Центральную роль в сегодняшних дискуссиях играет вопрос о том, сможет ли атомная энергия стать мостом в будущий мир возобновляемых источников энергии: совместимы ли АЭС с быстрым развитием ветряной энергетики, солнечных батарей и электростанций, использующих биомассу? Энтони Фрогатт и Майкл Шнайдер в своей статье дают ясный ответ. Даже продление срока службы существующих АЭС, не говоря уже о строительстве новых, резко затормозит развитие возобновляемых видов энергии. Утверждение, будто атомная энергия и возобновляемые источники дополняют друг друга – это ещё один миф. Они не только конкурируют за ограниченный инвестиционный капитал и за энергетические сети; из-за своего негибкого эксплуатационного режима АЭС ограничивают потенциал роста, в первую очередь, ветряной энергетики. В ветреные дни с небольшим потреблением электроэнергии возможности ветряных

электростанции уже сейчас покрывают большую часть потребности Германии в электроэнергии. Но поскольку работающие АЭС (как и крупные электростанции на угольном топливе) не могут быстро снизить выработку по производственно-экономическим причинам, лишнюю электроэнергию приходится с убытками экспортировать. Если это и глупость, то тщательно продуманная.

Кроме того, атомная энергетика не способна внести существенный вклад в дело защиты климата. Сейчас она покрывает лишь около шести процентов мирового первичного энергопотребления. Для того, чтобы роль АЭС в защите климата стала существенной, потребовалось бы увеличение их числа с сегодняшних 436 по меньшей мере до 1000-1500 реакторов. А с учётом конечности урановых запасов, ограниченности инвестиционных средств, риска пролиферации и нерешённого вопроса о хранении отходов такое увеличение числа АЭС было бы связано с неприемлемыми расходами и угрозами.

С какой стороны ни посмотреть: атомная энергия не нужна нам ни для защиты климата, ни из соображений надёжности энергоснабжения. Ровно наоборот: тот, кто хочет развивать возобновляемые источники энергии с перспективой их 100-процентного доминирования, должен протестовать против строительства новых АЭС и продления срока службы старых. Атомная энергия не годится на роль моста в эру солнечной энергетики.

В ближайшие годы необходимо принять важнейшие решения в области энергетической и климатической политики, и эти решения будут иметь огромное значение для будущего. Сейчас нам жизненно необходимы не мифы, а трезвый анализ и последовательные решения для перехода в новое, стабильное энергетическое будущее.

Мы надеемся, что эта публикация внесёт свой вклад в дело просвещения и продемонстрирует: есть лучшие альтернативы, чем атомная энергетика!

Мы хотим поблагодарить всех тех, благодаря кому появилась это издание. Кроме авторов это, прежде всего, Ян Зайферт, занимавшийся проектом на начальной стадии, Доротея Ландгребе, эксперт Фонда по экологии, а также Айке Ботта, приложившая много усилий для успешного завершения проекта.

Берлин, лето 2010 года

Ральф Фюкс

Председатель Фонда им. Генриха Бёлля

Энергетические стратегии будущего: препятствует ли атомная энергия необходимым системным реформам?

Мы знаем, что лидером 21 века станет та страна, которой удастся использовать энергию экологически безопасных, возобновляемых источников.

Барак Обама, речь о положении нации, февраль 2010 года

1. Введение

Речь президента США 16 февраля 2010 года в Мэриленде указывает¹ направление. Обама заявил, что в будущем „мы будем заряжать гибридные автомобили возобновляемой энергией, а также подавать её в экономичные жилые и деловые здания“. Кроме того, США „будут экспортировать разработанные внутри страны энергетические технологии, вместо того, чтобы импортировать из-за границы нефть“. По словам Обамы, для достижения этой цели необходимо приложить значительные усилия: „Мы должны последовательно инвестировать в современное биотопливо и чистые угольные технологии, но в то же время увеличивать мощности таких возобновляемых источников энергии, как энергия ветра и солнца. Кроме того, мы должны построить в Америке новое поколение надёжных, чистых атомных электростанций“.

Энергосбережение, возобновляемая энергия и атомные электростанции? Президент Франции Саркози солидарен со своим американским коллегой. 9 июня 2009 года он заявил: „Мы поворачиваемся лицом к возобновляемым источникам энергии, и этот поворот будет так же значителен, как и поворот в сторону атомной энергии, совершённый генералом де Голлем в 60-е годы. Вопрос не в том – либо одно, либо другое. Вопрос стоит так – и то, и другое“². Саркози пообещал, что на каждый евро инвестиций в атомную энергетику будет приходиться один евро инвестиций в возобновляемые источники. Кроме того, он озвучил политические цели. Равенство инвестиций должно „привести к сохранению консенсуса относительно атомной энергии и примирить противников атомной энергетики с её существованием“³. Организация, на протяжении 65 лет называв-

1. Речь президента на тему энергии в Ланхэме, штат Мэриленд, 16.02.2010, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/remarks-president-energy-lanham-maryland>

2. Le Monde, 09.06.2010. В действительности первую крупную программу развития атомной энергетики во Франции начал не де Голль, а премьер-министр Месмер в 1974 году.

3. Там же. Следует добавить, что „консенсус“ относительно атомной энергии никогда не был консенсусом в общественном мнении, а был не более чем соглашением крупных политических партий.

шаяся „Французской комиссией по атомной энергии“ (CEA), была переименована в „Комиссию по атомной и альтернативной энергии“ (Commissariat a l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives).

Атомная энергия как „переходная технология“? Немецкая правящая коалиция ХДС-СвДП объявила, что срок службы 17 оставшихся АЭС будет продлён свыше того, что был зафиксирован в действующем законе о постепенной ликвидации атомной энергетики. Коалиционное соглашение правящих партий предусматривает инвестирование „львиной доли“ дополнительных доходов от такого решения в развитие возобновляемых источников энергии и в энергосбережение. Однозначный запрет на строительство новых АЭС остаётся в силе. Что касается реализации этого соглашения, то в правительстве канцлера Меркель и в её партии наблюдается раскол. Министр окружающей среды Рётген заявил, что речь идёт о „практически полном переходе на возобновляемые источники энергии“, причём он подчеркнул, что не знает „в коалиции никого, кто бы говорил: атом – наша технология будущего“⁴. Рётген хочет добиться прекращения использования атомной энергии к 2030 году – на 8 лет позже, чем это предусмотрено в действующем законе. Он исходит из срока службы реакторов порядка 40 лет и из расчёта, что к этому времени возобновляемые источники энергии смогут покрывать около 40 процентов потребности в электроэнергии (сейчас это 16 процентов). Министр окружающей среды ясно говорит: „Много атомной энергии и много экологической энергии – две эти экономические концепции несовместимы друг с другом“⁵.

Так совместимы они или нет? Наверное, Германия – самый интересный пример в том, что касается анализа потенциально взаимодополняющих или противоположных аспектов атомной энергии с одной стороны, и энергосбережения и возобновляемых источников энергии – с другой. Влиятельный Союз коммунальных предприятий (VKU) представляет интересы 1350 коммунально-бытовых хозяйств, действующих в сфере энергетики, водоснабжения и утилизации отходов; эти предприятия снабжают электроэнергией и теплом более половины немецких потребителей. Директор VKU Ханс-Йоахим Рекк с озабоченностью смотрит на односторонние дебаты вокруг продления сроков службы немецких АЭС. В одном из пресс-релизов он заявил: „Совершенно не учитываются негативные последствия

4. Frankfurter Rundschau, 19.02.2010, http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wirtschaft/debatte_die_energie_der_zukunft/?em_cnt=2331965&

5. Там же.

для конкуренции, а также для перестройки энергетической системы в пользу децентрализации и возобновляемых источников энергии. (...) Это контрпродуктивно и снижает мотивацию городских предприятий инвестировать в эффективные и перспективные энергетические технологии⁶. В настоящее время коммунальные инвестиции в электростанции, находящиеся в стадии согласования и планирования, составляют порядка 6,5 миллиардов евро, и все эти инвестиции поставлены под вопрос. Ставится под угрозу даже рентабельность уже реализованных проектов и функционирующих установок – утверждают в VKU.

Многие аспекты совместимости централизованной атомной энергетики и децентрализованных возобновляемых источников вместе со стратегией энергоэффективности до сих пор не подвергались тщательному изучению. Каковы будут последствия для развития сетей? Как различные варианты влияют на инвестиционные стратегии с учётом особенностей распределительных сетей? В какой мере величина предприятия является причиной структурной гигантомании и малой заинтересованности в повышении энергетической эффективности? Как субсидии в долгосрочной перспективе влияют на процесс принятия решений? Дадут ли большие электростанции, использующие возобновляемые источники, тот же системный эффект, что и большие угольные или атомные электростанции?

Успешная энергетическая политика должна удовлетворять потребности людей в энергетических услугах лучше, чем это происходило в прошлом, потому что обостряющаяся конкуренция за конечные ископаемые ресурсы приведёт к повышению цен на энергию для всех. Слишком долго все действия в области энергетической политики ориентировались на нефть, газ и киловатт-часы, вместо того, чтобы выдвинуть на передний план доступ к недорогим и стабильным услугам, таким, как горячая пища, отопление, кондиционирование, освещение, коммуникация, мобильность.

Результаты известны. Даже в промышленных странах с высокой долей атомной энергии, таких как США, Франция и Великобритания, бедность, вызванная высокой стоимостью энергии, стала серьёзной проблемой и продолжает обостряться. Появилась даже специальная аббревиатура: EWD, “Excess Winter Deaths” – повышенная смертность зимой. Специальный европейский проект⁷ показал, что ста-

6. VKU, сообщение для прессы 2/10, 19 января 2010 года. http://www.presseportal.de/pm/6556/1546921/verband_kommunaler_unternehmen_e_v

7. European Fuel Poverty and Energy Efficiency (EPEE), см. <http://www.precarite-energetique.org/>

тистика отражает число людей, которые умирают зимой из-за того, что не могут позволить себе удовлетворительное отопление своего жилья. Показатель EWD составляет от 10 процентов в Париже до 30 процентов в Глазго. По некоторым оценкам, в Великобритании каждую зиму из-за „энергетической бедности“ умирают 15 тысяч человек. В такой ядерной державе как Франция почти восемь миллионов домашних хозяйств (28 процентов) тратят более 10 процентов своих доходов на энергоснабжение (включая транспорт). Приблизительно три миллиона французских семей подают заявки на так называемый „тариф основных потребностей“, то есть на сниженные цены на энергию для семей с низкими доходами.

Очевидно, что развитие атомной энергетики не привело к общедоступному, справедливому подключению к энергетическим услугам. Но не является ли ядерная стратегия даже вредной с точки зрения будущего развития экологически безопасных энергетических технологий на основе энергосбережения и возобновляемых источников? Многие свидетельствуют о том, что дело обстоит именно так. Журнал „Тайм“ так прокомментировал решение Барака Обамы о предоставлении кредитных гарантий атомной промышленности: „Несоразмерная щедрость правительства могла бы привести к возрождению атомной энергии – но ценой того, что лучшие варианты останутся в колыбели или вообще не родятся⁸“.

Атомная энергия vs. возобновляемые источники энергии

Эмори Ловинс⁹: *„Всё-таки атомная энергия – наименее разумное средство: она выбрасывает меньше углекислого газа, однако если покупать энергию у ее выигрывающих конкурентов, то на каждый доллар мы будем выбрасывать в 2-20 раз меньше и в 20-40 раз меньше в годовом исчислении“.*

Билл Кипин и Грегори Катс¹⁰: „Увеличение КПД электроэнергетики было бы в США почти в семь раз выгоднее с точки зрения снижения выбросов CO₂, чем атомная энергия“.

8. Time Magazine, 18 февраля 2010 года.

9. Amory Lovins: “Proliferation, Oil And Climate: Solving For Pattern”. Ловинс дополнил и расширил свою работу “Proliferation, Oil And Climate: Solving For Pattern”, опубликованную 17 января 2010 года в “Foreign Policy”.

10. B. Keepin, G. Kats, “Greenhouse Warning. Comparative Analysis of Nuclear and Efficient Abatement Strategies”, Energy Policy, декабрь 1988 года, часть 15, № 6, , стр. 38-61.

Экологическая организация “**Environment California**”¹¹: „На каждый доллар, потраченный за период существования технологии, энергосбережение и сжигание биомассы дают в пять раз меньше выбросов двуокиси углерода, чем атомная энергия, и более чем в три раза меньше по сравнению с процессом когенерации“.

Бизнес-школа университета Уорвика¹² : „Поскольку атомная энергия тянет на себя одеяло с других низкоуглеродных технологий, она несовместима с ними. Это опровергает утверждение, будто бы все низкоуглеродные технологии можно гармонично соединить друг с другом, чтобы снизить выбросы двуокиси углерода. Всё ровно наоборот: правительству придётся выбирать между атомным будущим и будущим, в котором доминируют возобновляемые источники энергии и энергосбережение“.

Университет Дьюка¹³ : „Солнечные батареи стали ещё одной выгодной альтернативой новым АЭС“. Джон О. Блэкберн, профессор экономики

2. Общий обзор и тенденции

Потребность в энергии и последствия ограниченности запасов угля и других ресурсов

Энергетический сектор за последние годы изменился в невиданной ранее степени. Рынки оказались чрезвычайно нестабильными, прежде всего, рынок нефти – что сказалось и на рынках других энергоносителей. В середине 2008 года баррель нефти стоил почти 150 долларов США, то есть в 8 раз дороже, чем десятилетием ранее. Однако в течение нескольких месяцев такая цена привела к экономическим проблемам во всём мире, и это привело к обрушению цен до 30 долларов за баррель. Всемирная рецессия привела к снижению потребления всех энергоносителей. Впервые после окончания Второй Мировой войны в 2009 году упало мировое потребление электроэнергии.

Тем не менее, прогнозы энергопотребления в мире традиционно предрекают значительный рост, прежде всего, благодаря растущим экономикам Азии – Китая и в меньшей степени Индии. Международное энергетическое агентство (МЭА/IEA) в своём базовом про-

11. Travis Madsen, Tony Dutzig, Bernadette Del Chiaro, Bob Sargent: Environment California: Generating Failure: How Building Nuclear Power Plants Would Set America Back in the Race Against Global Warming, ноябрь 2009 года.

12. Warwick Business School, 2006: New Nuclear Power: Implications for a Sustainable Energy System, Catherine Mitchell, Bridget Woodman, март 2006 года.

13. Diana S. Powers: “Nuclear Energy Loses Cost Advantage”, New York Times, июль 2010 года.

гнозе 2009 года (World Energy Assessment) исходит из предпосылки, что мировые потребности в энергии вырастут к 2030 году на 40 процентов. В соответствии с этим прогнозом энергопотребление Китая в период с 2007 по 2030 год удвоится, в то же время в ЕС оно вырастет всего на один, а в США – на пять процентов. Базовый сценарий МЭА основан на продолжении современной энергетической политики стран. Нет сомнений, что подобное развитие приведёт к беспрецедентным, катастрофическим изменениям в атмосфере. По прогнозу МЭА „концентрация CO_2 вызовет повышение средней температуры на планете до 6 градусов Цельсия¹⁴“.

Но влияние на климат – не единственная и, может быть, не самая главная проблема из тех, что возникнут при осуществлении базового сценария. Ещё острее стоит вопрос доступности ресурсов в среднесрочной перспективе и цен для потребителей, особенно на жидкое топливо. В последние годы МЭА снизило свои оценки потребности в нефти в 2030 году. Ещё в обзоре “World Energy Outlook” 2004 года фигурировал предполагаемый годовой рост мировой потребности в нефти в 1,6 процента, что привело бы к объёму в 121 миллион баррелей в день в 2030 году. Теперь же предполагаемый рост составляет один процент в год, что означает 105 миллионов баррелей в день в 2030 году. Для стран Организации экономического сотрудничества и развития (OECD) МЭА снизила свой прогноз на 2009 год на 17 миллионов баррелей в день по сравнению с прогнозом 2004 года. Тем не менее, при общем росте потребления (сейчас это 76 миллионов баррелей в день) даже более низкая цифра не даёт уверенности в том, что нам хватит ресурсов. Расчёт британского центра энергетических исследований 2009 года показал, что добыча нефти на месторождениях, миновавших свой максимум, будет снижаться в среднем на шесть с половиной процентов в год, а добыча на всех действующих месторождениях - примерно на четыре процента в год. Для сохранения нынешнего уровня добычи необходимо ежегодно вводить в эксплуатацию новые мощности в три миллиона баррелей в день; это соответствует добыче Саудовской Аравии за три года¹⁵.

То есть мы можем сделать вывод, что современная энергетическая система и определяющая её политика с точки зрения безопасности снабжения и климата ни в коем случае не являются дальновидными. Какую бы энергетическую систему мы ни рассматривали – везде нужны новые инвестиции для удовлетворения предсказываемых по-

14. IEA: World Energy Outlook 2009, International Energy Agency, стр. 44, ноябрь 2009 года.

15. UKERC 2009: Global Oil Depletion, An Assessment of the Evidence for a Near Term Peak in Global Oil Production, август 2009 года.

требностей, для поиска новых источников энергии, для обновления инфраструктуры и техники. МЭА в своих расчётах исходит из объёма инвестиций в 26 триллионов долларов в период с 2008 по 2030 год. Это составляет 1,1 триллиона долларов в год, то есть 1,4 процента от мирового ВВП. Более половины этой суммы было бы потрачено на производство электроэнергии. МЭА разработало прогноз, по которому выбросы снижаются в степени, позволяющей обеспечить повышение температуры только на два градуса. В этом т.н. „прогнозе-450“ объём инвестиций значительно выше – на 10,5 триллиона долларов. МЭА учитывает в своих расчётах, что такой вариант приведёт в 2030 году к снижению энергозатрат примерно на 8,6 триллиона долларов и к общей экономии в 17 триллионов, достигаемой благодаря увеличению срока службы техники.

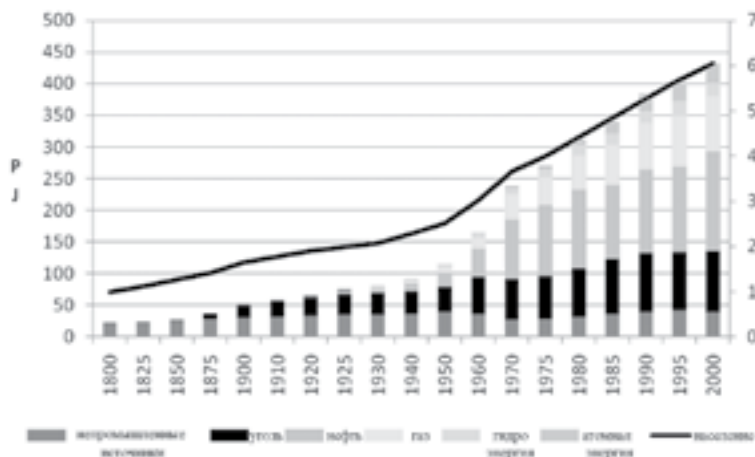
Очевидно, что для создания надёжного и перспективного энергетического сектора нужно искать новые пути. Современная политика и рыночные тенденции во всём мире должны быстро и резко измениться. В перспективе малоуглеродистая и экологически безопасная энергетика не только возможна; она даже выгоднее, чем продолжение нынешней политики. Но будущее энергетики не спасти заменой одной вредной технологии на другую, менее вредную. Необходима новая, намного более эффективная система, при которой значительно улучшится не только использование энергии, но и её производство, преобразование и транспортировка.

Изменения в предложении энергии на рынке

Мировое потребление энергии увеличивается, потому что растёт население и индивидуальное потребление. В приведённом ниже графике показано, как выросло энергопотребление за два последних столетия: оно приблизительно удвоилось за период с 1800 по 1900 год, а за последние 100 лет выросло в восемь раз. МЭА и другие организации полагают, что такая тенденция сохранится, потому что менее развитые страны стремятся повысить уровень жизни своего населения и обеспечить хотя бы минимальное снабжение энергетическими услугами. Сегодня примерно четверть населения мира не имеет доступа к энергии на базе электричества, а в странах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) потребление энергии на душу населения в пять раз превышает потребление в развивающихся странах. Кроме того, график демонстрирует масштаб, в котором этому росту способствовали представленные на рынке ископаемые виды топлива – уголь, газ и нефть. Несмотря на

то, что население Земли в последние годыросло на 1,3 процента в год, ООН прогнозирует, что оно достигнет своей максимальной численности в 10 миллиардов человек (сейчас 6 миллиардов) только после 2200 года¹⁶.

Илл. 1: Рост мирового энергопотребления



Источник: Арнульф Грюблер, 2008¹⁷

Развитие возобновляемых источников энергии: история и прогнозы

Возобновляемые источники энергии на протяжении столетий были главным источником энергии для человечества. Первоначально это было сжигание биомассы (прежде всего древесины), затем использование энергии воды и ветра. Однако на протяжении последних веков зависимость от возобновляемых источников постоянно уменьшалась в результате появления ископаемых энергоносителей. Ископаемое топливо в виде угля, нефти и газа открыло доступ к небывалым количествам энергии. Причиной этого является относительно высокая концентрация энергии в этих веществах, благодаря чему потребитель получает большое количество полезной энергии, несмотря на энергозатраты при её производстве и транспортировке.

Однако в последние годы в некоторых регионах и секторах экономики можно наблюдать изменение этой тенденции. Наиболее примечательно в этом отношении экономическое хозяйство ЕС. В Европе в

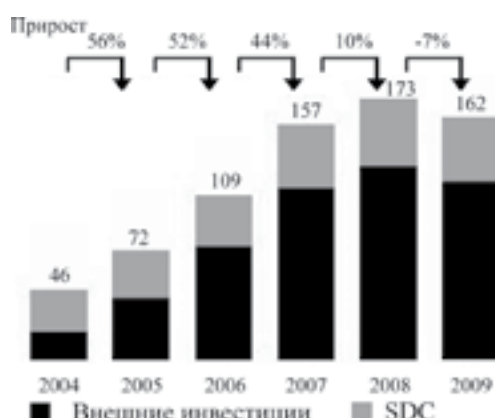
16. UN 2004: Six Billion. <http://www.un.org/esa/population/Publications/sixbillion/sixbilpart1.pdf>

17. Arnulf Gröbler: "Energy transitions" in Encyclopedia of Earth. Изд.: Cutler J. Cleveland (Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment) 2008.

2009 году было инвестировано 13 миллиардов евро в ветряную энергетику, в результате чего мощность ветряных электростанций составила 39 процентов мощности всех новых электростанций. Два года подряд в ветряную энергетику инвестируется больше средств, чем в любую другую энергетическую технологию. В 2009 году 61 процент всех новых инвестиций были направлены на установки, использующие возобновляемые источники энергии. Энергетическое хозяйство ЕС уходит от угля, нефти и атома; во всех этих секторах в будущем будет выводиться из эксплуатации больше мощностей, чем вводиться новых¹⁸.

Илл. 2 показывает, что в мировом производстве электроэнергии намечается такая же тенденция. В 2009 году в возобновляемые источники энергии было инвестировано почти 162 миллиарда долларов (в результате мирового экономического кризиса произошло падение на 7 процентов по сравнению с рекордными показателями 2008 года). Тем не менее, это был второй по величине годовой показатель в истории, вчетверо превышающий затраты 2004 года. Кроме того, второй год подряд инвестиции в перспективные энергетические технологии превысили инвестиции в производство энергии на основе ископаемых энергоносителей.

Илл. 2: Новые инвестиции в „чистую энергию“ по секторам: 2004-2009 (в миллиардах долларов США)



Источник: UNEP: Global Trends in Sustainable Investment, 2010¹⁹

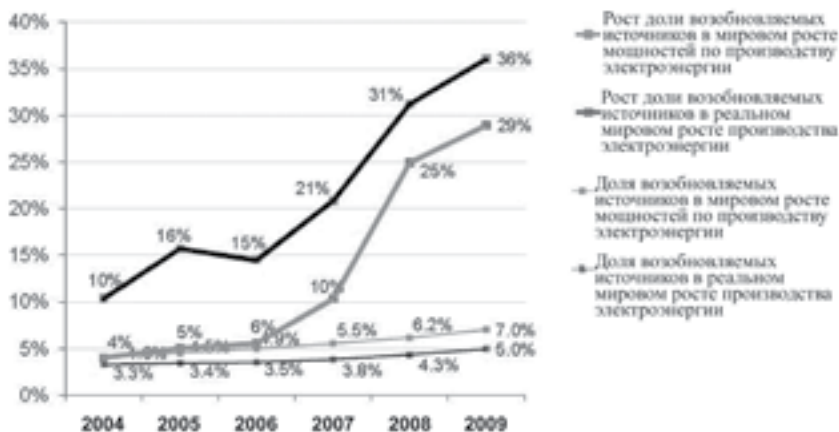
Как показано на илл. 3, 36 процентов введенных в строй энерге-

18. EWEA: More Wind Power Capacity Installed Last Year in the EU Than Any Other Power Technology, European Wind Energy Association, февраль 2010 г.

19. SDC = small distributed capacity, т.е. малые распределённые мощности. В новых инвестициях учитывается чистый инвестированный капитал фирмы. В общие показатели включены оценки неопубликованных договоров (источник: New Energy Finance).

тических мощностей приходилось на возобновляемые источники (не учитывая большие гидроэлектростанции). Однако их доля в мировом энергоснабжении всё ещё невелика и составляет всего пять процентов.

Илл. 3: Мировой рост доли возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии (без учёта крупных гидроэлектростанций)



Источник: UNEP: Global Trends in Sustainable Investment, 2010

Гидроэнергетика

Развитие электроэнергетики привело к активному применению гидроэнергетики – с её помощью в 2009 году было произведено примерно 3200 тераватт-часов электричества (это соответствует 740 миллионам тонн нефтяного эквивалента), то есть примерно 15 процентов всей электроэнергии. Существующие гидроэнергетические мощности составляют 923 гигаватт – тем самым гидроэнергия имеет в мире наибольший вес из всех возобновляемых источников. Однако с точки зрения нагрузки на окружающую среду имеются большие различия между установками в зависимости от их размера.

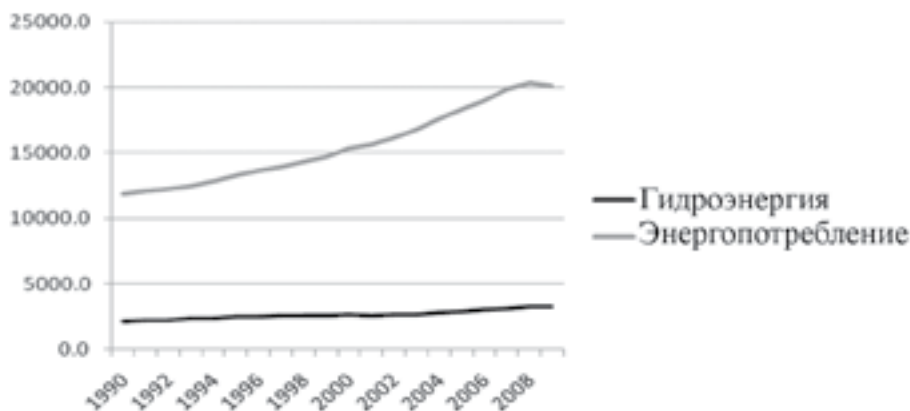
Поскольку в хорошо доступных регионах уже давно эксплуатируются крупные электростанции, в Северной Америке и в Европе не наблюдалось значительного роста использования гидроэнергии. После 2000 года мощность гидроэлектростанций в мире выросла только на 20 процентов, что меньше роста энергопотребления за этот период. Поэтому и доля гидроэнергии в мировом энергопотреблении снизилась после 2000 года на 17 процентов. В базовом прогнозе МЭА производство электричества на базе гидроэнергетики увеличится к 2030

году приблизительно на 50 процентов, а её удельный вес снизится на 14 процентов. Даже в прогнозе „сценарий-450“ доля гидравлической энергии составит к 2030 году всего 19 процентов.

Прогнозы других организаций также основаны на предпосылке, что доля гидроэнергии не будет увеличиваться или увеличится незначительно. „Гринпис“ прогнозирует даже меньшую долю гидроэнергии, чем МЭА²⁰. Однако по многим оценкам потенциал гидроэнергетики намного выше. В прогнозе *World Energy Assessment* её экономический потенциал оценивается примерно в 8100 тераватт-часов²¹, технический потенциал – в 14 тысяч тераватт-часов, а теоретический потенциал – в 40 тысяч тераватт-часов. Однако полное использование этих возможностей имело бы далеко идущие, неприемлемые экологические и социальные последствия. Тем не менее, может иметь место некоторый прирост, достигаемый благодаря небольшим электростанциям на проточной воде и повышению эффективности существующих установок.

Иллюстрация 4 показывает значение гидроэнергетики. Доля снижается.

Илл. 4: Мировое энергопотребление и производство электроэнергии на ГЭС (в тераватт-часах)



Источник: ВР 2009²²

20. Greenpeace: Energy Revolution, Global Energy Scenario, изд. DLR, Institute of Technical Thermodynamics, Department of Systems Analysis and Technology Assessment, European Renewable Energy Council, Greenpeace International, 2008.

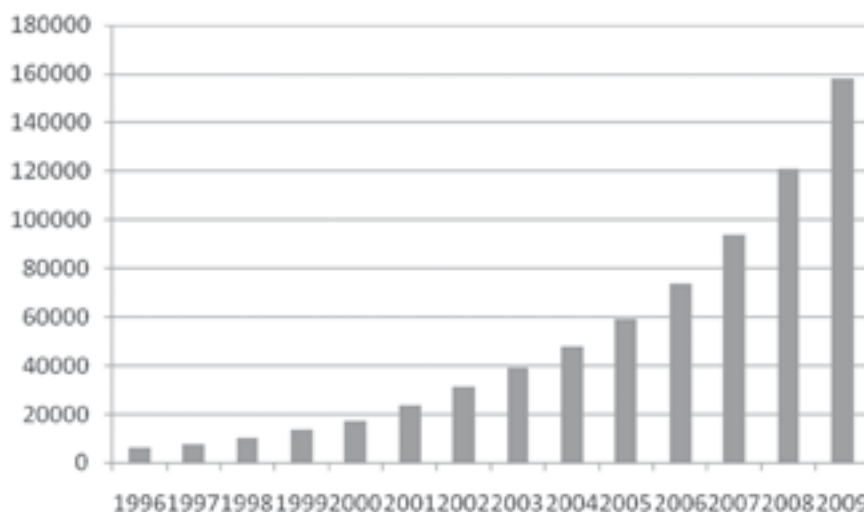
21. WEA: World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability, глава 4: Energy Resources, United Nations Development Programme, 2004.

22. BP: Statistical Review of World Energy, июнь 2009.

Ветряная энергия

Как мы уже упоминали, хозяйственное использование ветряной энергии сильно возросло за последние годы в целом ряде стран. Приведённые ниже графики показывают рост мощности ветряных установок за последние 10 лет, а также распределение этой мощности по странам мира. За прошедшее десятилетие ежегодный прирост составлял 30 процентов. Ожидается и дальнейший рост, особенно благодаря мерам по обеспечению энергетической и климатической безопасности. Всемирный совет по ветряной энергии (GWEC) прогнозирует рост с 261 тераватт-часов в 2008 году до 680 тераватт-часов в 2012 году. Это составляет 42 процента от обязательств первого периода Киотского протокола. Кроме того, Совет предполагает, что ветряная энергия, по оптимистичным оценкам, сможет дать развитым странам от 21 до 34 процентов необходимого снижения выбросов. Это потребовало бы мощности примерно в 1000 гигаватт к 2020 году – меньше, чем ожидается при сохранении нынешнего роста²³. Впрочем, в других прогнозах предсказывается гораздо меньшая мощность ветряных установок в 2020 году: МЭА в своём „сценарии-450“ прогнозирует 650 гигаватт, а „Гринпис“ – 900 гигаватт.

Илл. 5: Мощность ветряных установок в мире (в мегаваттах)

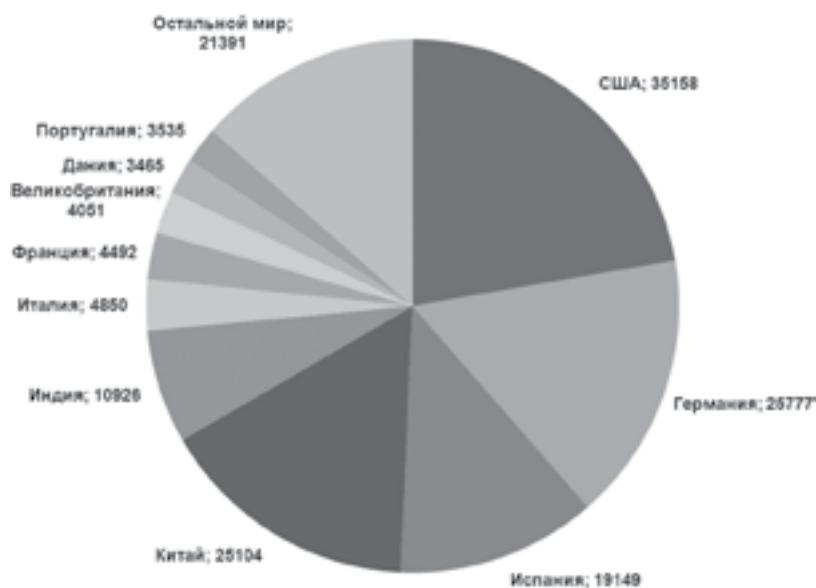


Источник: Global Wind Energy Council, 2010 ²⁴

23. GWEC: Wind power is crucial for combating climate change. Global Wind Energy Council, декабрь 2009 г.

24. GWEC: Global Installed Wind Power Capacity, Global Wind Energy Council, февраль 2010 г. http://www.gwec.net/fileadmin/documents/PressReleases/PR_2010/Annex%20stats%20PR%202009.pdf

Илл. 6: Установленная мощность ветряных электростанций по странам, 2008 год (в мегаваттах)



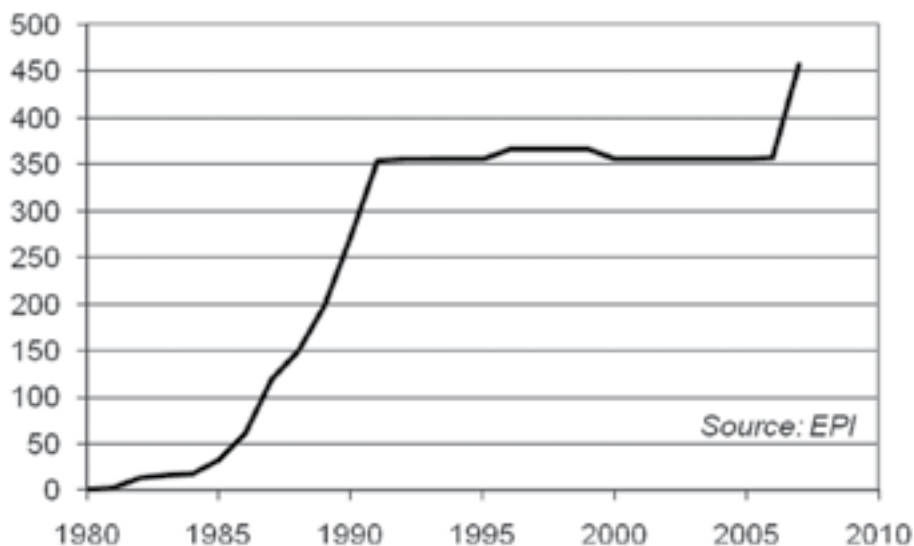
Источник: Global Wind Energy Council, 2010

Солнечная энергия

Существуют две разные технологии преобразования солнечной энергии в электрическую: тепловые солнечные установки, в которых коллекторы с помощью солнечного тепла

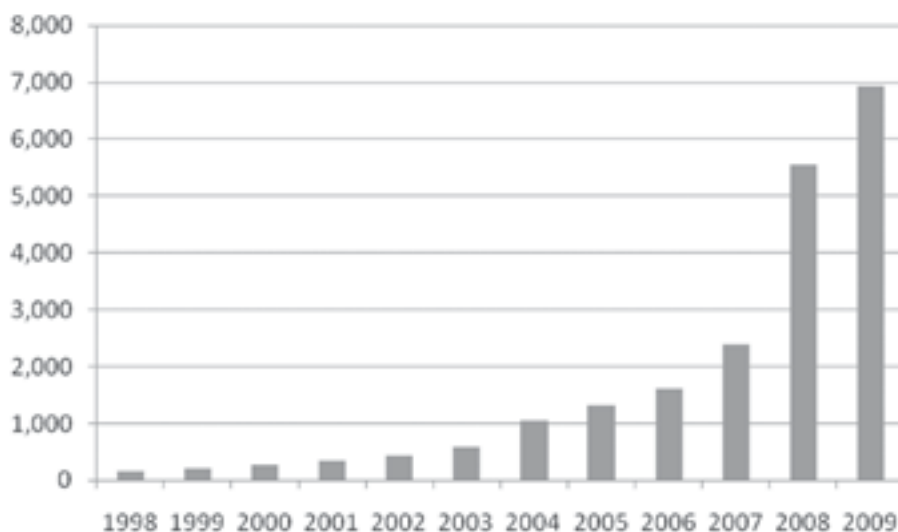
производят пар, вращающий турбины, которые, в свою очередь, уже производят электроэнергию традиционным способом, и фотовольтаика, которая превращает солнечную энергию непосредственно в электрическую. В значительно **больших** объёмах солнечная энергия используется для нагрева воды и отопления зданий. Эти две технологии производства электроэнергии развивались по-разному: в то время как большие централизованные солнечные установки переживали экономические взлёты и падения (см. илл. 7), фотовольтаика развивалась относительно стабильно (илл. 8).

Илл. 7: Установленная мощность тепловых солнечных электростанций в мире, 1980-2007 (в мегаваттах)



Источник: Earth Policy Institute, 2009

Илл. 8: Годовая производительность солнечных батарей в мире, 1998-2009 (в мегаваттах)



Источник: Earth Policy Institute, 2009

В последние годы фотовольтаика совершила настоящий прорыв. Технологический прогресс и запуск крупных производств позволили

снизить цены на солнечные модули. Цены на фотовольтаику, составлявшие в 2008 году семь долларов за ватт, в 2009 году упали до пяти долларов/ватт, а на некоторых крупных проектах – до трёх долларов/ватт²⁵. Падение цен приводит к повышению числа установок, а это, в свою очередь – к дальнейшему падению цен. До недавнего времени Германия возглавляла процесс роста в этой сфере. В 2009 году было введено в эксплуатацию новых мощностей на 3800 мегаватт; на конец того же года в эксплуатации находилось 10 тысяч мегаватт. Федеральное сетевое агентство ожидает в первом полугодии 2010 года ввода ещё три тысячи мегаватт²⁶.

Но 60 процентов роста рынка фотовольтаики в 2010 году обеспечат другие страны, прежде всего Китай, Италия, Япония, Испания и США. Джон Блекберн, профессор экономики университета Дьюка, в одной из своих работ предполагает, что уже скоро производство электроэнергии посредством фотовольтаики будет дешевле, чем производство электричества с помощью атомной энергии²⁷. В Великобритании, которая не славится обилием солнечных дней, один из ведущих производителей солнечных батарей утверждает, что уже в 2013 году будет возможно получать электроэнергию с помощью фотовольтаики по ценам, соответствующим средним ценам на электричество²⁸. Другие источники исходят из того, что этот момент не наступит в Европе раньше 2020 года. Но даже и такой срок совпадает с самым ранним моментом запуска АЭС, строительство которых планируется сегодня.

Развитие атомной энергетики в прошлом и будущем

Первый атомный реактор был подключён к сети в СССР в 1954 году. Затем в течение 35 лет число атомных электростанций непрерывно росло – до конца 1980-х годов. В 1989 году в мире эксплуатировалось 424 реактора. Исторический максимум был достигнут в 2002 году и составил 444 блока, на пять больше, чем в середине 2010 года. В августе 2010 года на учёте в МАГАТЭ находился 61 строящийся реактор. Из этого числа 13 имели этот срок строительства более 20 лет; приблизительно в половине случаев имелись значительные задержки²⁹.

25. Ron Perbick, Clint Wilder: Clean Energy Trends 2010, Clean Edge 2010.

26. Сообщение для прессы федерального сетевого агентства от 27 июля 2010 года.

27. Diana S. Powers: "Nuclear Energy Loses Cost Advantage", New York Times, 26 июля 2010 г.

28. Jeremy Leggett: "I accept George Monbiot's £100 solar PV bet", The Guardian, 9 марта 2010 г.

29. Более детальный анализ см. Mycle Schneider и др.: The World Nuclear Industry Status Report 2009, по заказу министерства окружающей среды Германии, август 2009 года, представлен на английском и немецком языках: http://www.bmu.de/english/nuclear_safety/downloads/doc/44832.php

2008-ой стал первым годом с начала коммерческого использования атомной энергии, когда к сети не было подключено ни одного энергоблока. За три года между августом 2007 года, когда после 24 лет строительства была введёна в эксплуатацию румынская АЭС „Чернавода-2“, и концом июля 2010 года в мире было запущено всего пять новых реакторов (по одному в Китае, Японии, России и два в Индии), причём в 2008 и 2009 году было остановлено пять станций. Несмотря на активное „повышение эффективности“ несколько снизилась и общая установленная мощность³⁰.

В 2009 году 370 гигаواتт мощности атомных станций производили приблизительно 2600 тераватт-часов электроэнергии. Это примерно 13 процентов коммерческой электроэнергии, или 5,5 процента коммерческой первичной энергии, или от 2 до 3 процентов всей энергии в мире – и эти показатели снижаются³¹.

Несмотря на реальное уменьшение роли атомной энергии прогнозы МАГАТЭ и Международного энергетического агентства (МЭА/IEA) относительно её роста звучат всё оптимистичнее. По „пессимистическому“ прогнозу МАГАТЭ общая мощность АЭС составит в 2030 году 473 гигаватт, а по „оптимистическому“, удивительно точному – 747,5 гигаватт. Международное энергетическое агентство в своём „сценарии-450“, направленном на стабилизацию климата, приходит к выводу, что нынешняя общая мощность мировых АЭС должна более чем удвоиться к 2030 году. В докладе МЭА говорится:

Ренессанс атомной энергетики возможен, но это дело не одного дня. Проектам в сфере атомной энергетики приходится преодолевать такие серьёзные препятствия, как длительные сроки строительства и связанные с ними факторы риска, долгая процедура согласования и нехватка рабочей силы, встают также „старые“ вопросы: утилизация отходов, нераспространение и противодействие на местах. Финансирование атомных электростанций было всегда особенно затруднено на либерализованных рынках, а финансовый кризис ещё более усугубил эту проблему. Из-за потребности в огромных капиталовложениях, вкупе с риском превышения изначальной сметы и проблемами с финансированием, инвесторы даже в условиях значительного роста спроса ведут себя крайне осторожно³².

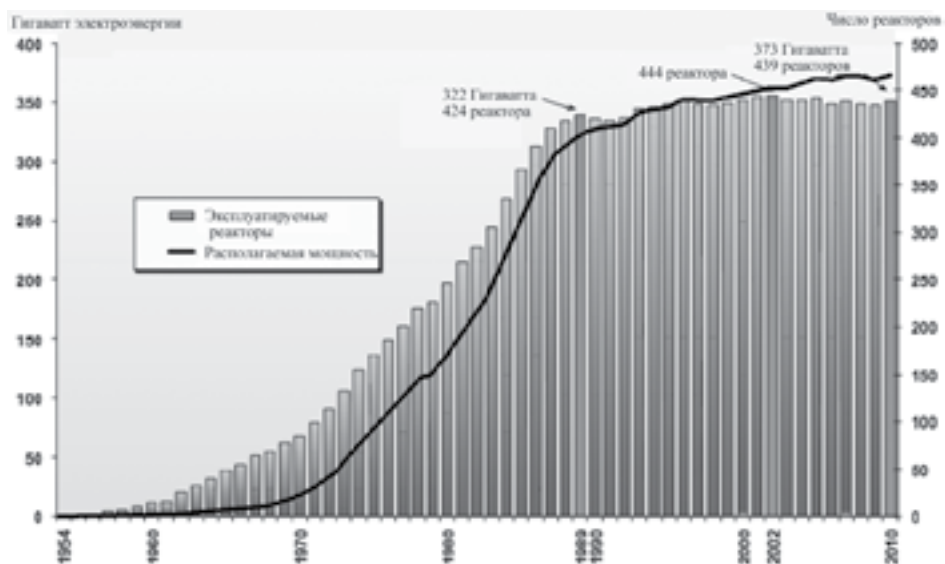
30. Увеличение мощности существующих установок с помощью технических средств (замена парогенераторов, ремонт турбин и т.д.).

31. Мы пользуемся термином „коммерческий“, потому что мощности, не подключённые к сети, а также биомасса, во многих регионах мира играющая важную роль в энергообеспечении, не учитываются в статистике.

32. IEA: World Energy Outlook 2009, Paris 2009, стр. 160.

Ни МАГАТЭ, ни МЭА не сообщают, каким же образом можно преодолеть эти „серьезные препятствия“. В недавнем докладе базельской организации “Think-Tank Prognos”³³ говорится: велика вероятность того, что число действующих реакторов сократится к 2030 году на 29 процентов по сравнению с уровнем весны 2009 года. “Prognos” предполагает, что будут реализованы только 35 процентов проектов, анонсированных к 2030 году Всемирной ядерной ассоциацией – этого недостаточно, чтобы компенсировать количество реакторов, выводимых из эксплуатации из-за окончания срока службы.

Илл. 9: Атомные реакторы и их мощность в мире, 1954-2010 (гигаватт)



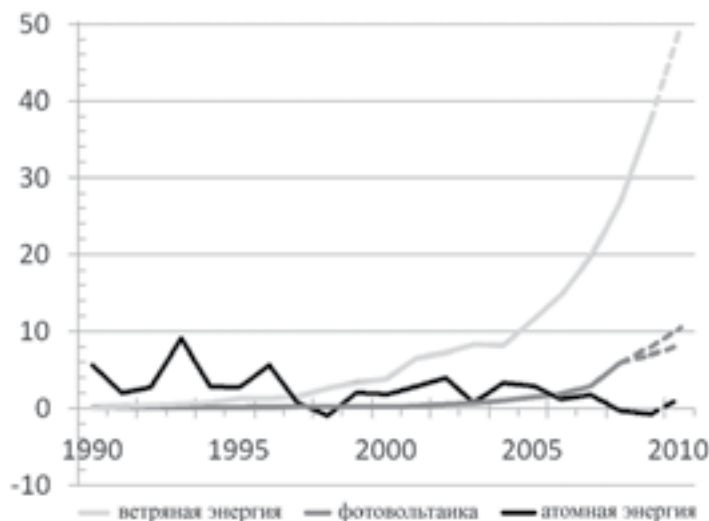
Источники: IAEA-PRIS, MSC, 2010

33. Matthias Deutsch и др. „Renaissance der Kernenergie?“, по заказу федерального ведомства по защите от облучения (BfS), Берлин/Базель, сентябрь 2009 г.

Сравнение атомной энергии и возобновляемых источников

На иллюстрациях 10 и 11 показан чистый рост новых возобновляемых источников энергии (за исключением крупных гидроэлектростанций) и атомной энергетики, а также доли всех так называемых низкоуглеродных источников энергии в мировой энергетике. Хотя эти показатели могут на первый взгляд показаться противоречивыми, они показывают две стороны одной медали. На илл. 10 показан ежегодный чистый прирост в мировых электрических сетях на протяжении последнего десятилетия. Из-за небольшого количества, относительно крупного размера отдельных АЭС и остановки реакторов тенденция развития атомной энергии не имеет чёткого направления; тем не менее, в начале указанного периода её можно свести к среднегодовому чистому росту мощности приблизительно на 2 гигаватта, по сравнению с мировой установленной мощностью в 370 гигаватт. Причём после 2005 года этот показатель не растёт или даже падает. В то же время установленная мощность ветряных агрегатов росла на протяжении всего рассматриваемого периода примерно на десять гигаватт в год. Ежегодный прирост постоянно увеличивался и в 2009 году превысил 37 гигаватт.

Илл. 10: Мировой чистый рост возобновляемых источников и атомной энергии, 1990-2010 (гигаватт)

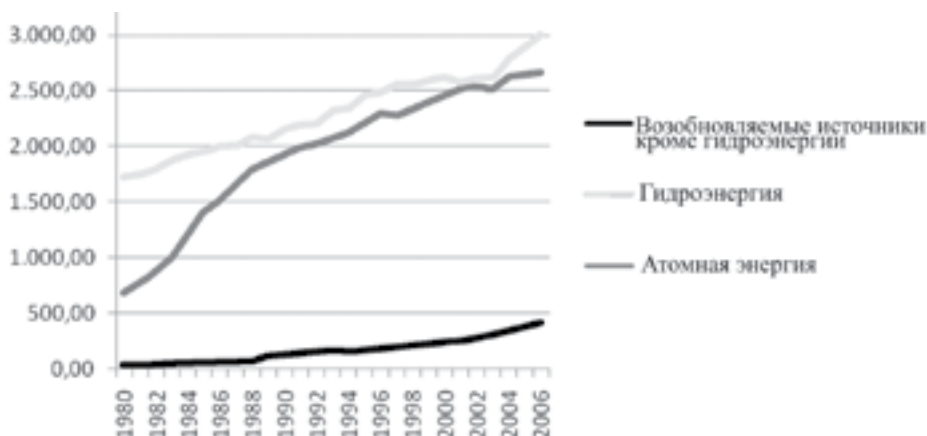


Источник: Amory Lovins, 2010 ³⁴

34. Эмори Ловинс в своём письме автору.

Важно также рассмотреть фактический объём электроэнергии, полученной из различных неископаемых источников (илл. 11). Иллюстрация демонстрирует, что несмотря на рост новых возобновляемых источников их доля в сравнении с атомной энергией и крупными ГЭС всё ещё мала. Но эта ситуация изменится. МЭА исходит из предположения, что мощности гидроэнергетики к 2030 году вдвое превысят нынешние мощности атомной энергетики, а ветряная энергетика и другие возобновляемые источники достигнут этого уровня³⁵.

Илл. 11: Производство электроэнергии на основе неископаемых видов топлива



Источник: Earth Policy Institute, 2009

3. Системные вопросы

Они хотят убедить людей, что использование атомной энергии в качестве базиса неизбежно, поскольку одних только возобновляемых источников недостаточно. Вот что я вам скажу: всё наоборот. Тот, кто заявляет, будто бы из-за колебаний объёмов ветряной и солнечной энергии в сети нам необходима основа в лице атомной энергии, либо не понял, как функционируют энергетические сети и атомные электростанции, либо сознательно говорит общественности неправду.

Зигмар Габриэль, в то время федеральный министр окружающей среды³⁶

Политическое решение вопроса, следует ли отдать предпочтение атомной энергетике или энергосбережению и возобновляемым источ-

35. IEA: World Energy Outlook 2009, таблица 9.2, стр. 324.

36. Германский Бундестаг, 16 созыв, 211 заседание. Берлин, 19 марта 2009 года. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btp/16/16211.pdf> там стр. 22750.

никам, далеко не ограничивается только выбором технических решений. Часто такие решения принимаются под *большим* или меньшим влиянием существующих политических систем, процедур принятия решений, рыночных структур и крупной инфраструктуры. С другой стороны, принципиальные решения в пользу централизованного или децентрализованного производства электроэнергии оказывают значительное влияние на гибкость и конкурентоспособность энергетических технологий и систем. Так, например, не подлежит сомнению, что энергоснабжение, базирующееся на тепловой и электрической энергии, гораздо эффективнее реализуется с помощью когенерации (объединения выработки тепловой и электрической энергий), чем при раздельной выработке; тем не менее, когенерации трудно конкурировать с существующими централизованными, зачастую непропорционально крупными электростанциями и развитой системой доставки газа.

Во многих развивающихся странах такие инфраструктурные решения только предстоит принять. Поэтому чрезвычайно важно правильно оценить последствия таких принципиальных решений. Пример промышленно развитых стран показывает, к каким последствиям приводят такие стратегические решения, принятые в прошлом. К сожалению, несмотря на множество удачных местных и региональных примеров выгодного и перспективного энергоснабжения, не существует ни одного „хорошего“ примера подобной энергетической политики на национальном уровне. Все страны сделали ставку на стратегии, имевшие существенные недостатки, которые можно устранить только огромными усилиями.

Французский пример: в энергоснабжении – тоже централизм

Франция, для которой характерна очень централизованная политическая система, и в сфере энергоснабжения всегда склонялась к централистским решениям. Атомная энергия стала логичным результатом поиска решений „сверху вниз“ и нежелания французского государства делиться политической властью в вопросах энергетики с региональными и местными самоуправлениями. Атомная логика, поддерживаемая государством, катком прошла по малым и средним промышленникам, пытавшимся развивать новые и возобновляемые источники энергии. Похожим образом зачастую душились и усилия по энергосбережению. К середине 1980-х годов стало ясно, что государственное энергетическое предприятие EDF нарастило

лишние мощности, равные примерно 16 атомным электростанциям. Вместо того, чтобы внести коррективы в планирование новых производственных мощностей, государство сократило финансирование агентства по энергосбережению, и EDF приняло два стратегических решения: в пользу долгосрочных соглашений об экспорте электроэнергии, а также в пользу электрических отопления и горячего водоснабжения. Такая стратегия чрезвычайно затормозила развитие энергосбережения и возобновляемых источников энергии во Франции: сотни тысяч зданий были построены без дымовых труб, и теперь их невозможно перевести на более выгодные и экологичные источники тепла. Эта тенденция в последние годы только усилилась. Сейчас три четверти всех новых квартир и домов во Франции оборудуются электрическим отоплением. В некоторых местах новые городские котельные находятся в непосредственной близости к домам с электрическим отоплением - но их невозможно подключить к сети, потому что у зданий нет дымовых труб, а необходимые инвестиции кажутся непропорционально большими.

Ещё одно побочное явление при массовом использовании электроэнергии для отопления, а во Франции это почти половина потребления в жилищном секторе: резкий рост нагрузки зимой, которая уже в три раза превышает минимальные летние значения. Результатом этого является ощутимый рост потребления ископаемого топлива для выработки электроэнергии (примерно на 25 процентов по сравнению с 1990 годом), возобновление работы старых (до 40 лет) электростанций, работающих на мазуте, и резкий рост импорта электроэнергии, в первую очередь с угольных электростанций в Германии. В январе 2010 года Франция во второй раз (после октября 2009 года) за 27 лет больше месяца являлась чистым импортёром электроэнергии.

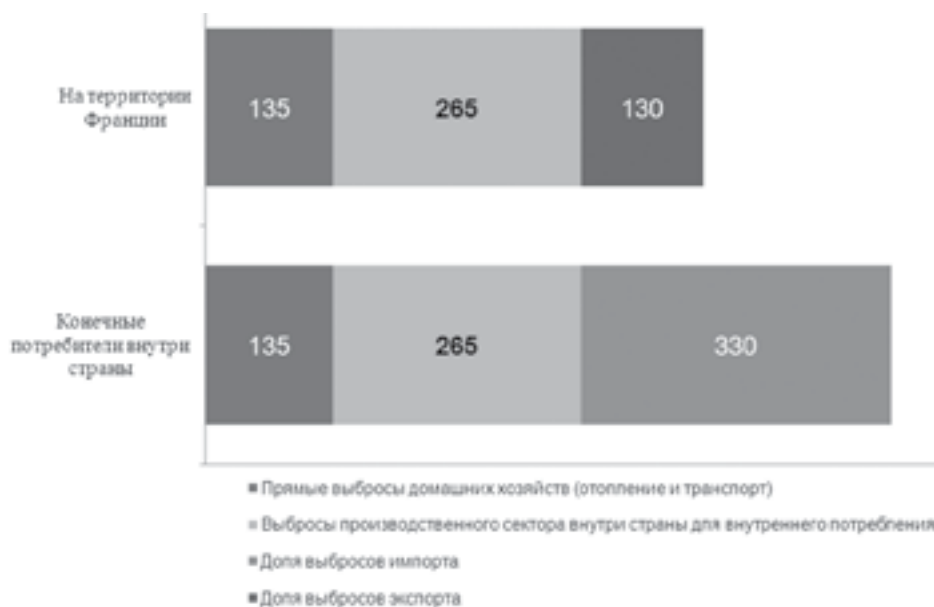
Энергосбережение и возобновляемые источники энергии во Франции пока очень слабо развиты. Логичным следствием этого является то, что потребление электричества на душу населения значительно превышает средний показатель по ЕС и показатели такой страны, как Италия, которая после Чернобыльской катастрофы полностью отказалась от использования атомной энергии. Испания за один только 2008 год ввела в эксплуатацию больше ветряных установок (4600 мегаватт), чем Франция за всё время до 2007 года (4060 мегаватт).

Утверждение, будто бы атомная энергия помогла французской экономике снизить выбросы CO₂, является неверным. Новые данные, опубликованные французским правительством ³⁷, показывают, что с

37. Ministère de l'Ecologie: L'empreinte carbone de la demande finale intérieure de la France, август 2010 г.

учётом углерода, содержащегося в импортируемых товарах (и за вычетом углерода в экспорте) выбросы „парниковых“ газов на душу населения повышаются с 8,7 до 12 тонн, а это мало отличается от показателей Германии, страны угля³⁸. Франция имеет большой торговый дефицит, в то время как Германия была мировым лидером по объёму экспорта вплоть до 2009 года, когда на первое место вышел Китай.

Илл. 12: Выбросы газов, создающих парниковый эффект, и количество потребителей во Франции (в тоннах, в пересчёте на CO₂)³⁹



Источник: министерство окружающей среды Франции, август 2010

Пример Германии: постепенное сворачивание атомной энергетики и развитие возобновляемых источников энергии

Германия избрала совершенно иной путь, чем Франция. В то время, когда атомная энергия давала до 30 процентов электроэнергии, страна всё равно сильно зависела от каменного и бурого угля. В 2000 году правительство заключило соглашение с владельцами АЭС, и в 2002 году постепенный отказ от атомной энергетики был закреплён на законодательном уровне. Параллельно этому в 2000 году были за-

38. В 2001 году показатель “Carbon Footprint Calculator” по шести парниковым газам во Франции составил 13,1 тонны эквивалента CO₂, а в Германии 15,1 тонны, ср. <http://carbonfootprintofnations.com>

39. Следует помнить, что в этих расчётах учитываются только величины CO₂, CH₄ и N₂O.

конодательно закреплены тарифы на подаваемую энергию, в которых были предусмотрены твёрдые цены на электричество из возобновляемых источников, кроме того, были введены в действие программы содействия возобновляемым источникам энергии на рынке отопления. Комбинация из постепенного отказа от атомной энергии и активного стимулирования развития возобновляемых источников создала чрезвычайно динамичную среду. Региональные энергетические агентства, находящиеся в ведении земель, сильно посодействовали реформам. С конца 90-х годов выработка возобновляемых источников увеличилась втрое, были созданы сотни тысяч рабочих мест, а технологии данной сферы стали популярными статьями экспорта.

Но не всё шло гладко. Хотя выработка электроэнергии из возобновляемых источников, в основном это ветряная энергия, и выросла с 1990 по 2007 год на 70 тераватт-часов или в пять раз, общее энергопотребление за этот период выросло более чем на 12% или примерно на 68 тераватт-часов. Результат: в 2007 году германский энергетический сектор произвёл такое же количество выбросов CO₂, как в 1990 году. Это шокирует, особенно с учётом того обстоятельства, что в результате объединения Германии на Востоке страны были закрыты устаревшие электростанции ⁴⁰ и промпредприятия, что автоматически вызвало резкое снижение углеродных выбросов и энергопотребления.

Эксперты в области энергетики и экологические организации уже давно указывают на эту проблему. Однако ни „большая коалиция“ ХДС и СДПГ, ни новое консервативное правительство до сих пор не сумели претворить в жизнь даже предусмотренные в законодательстве ЕС минимальные требования по энергосбережению. В то же время предложения о продлении сроков эксплуатации АЭС ставят под вопрос реформу германской энергетической системы. В 2008 году Йоахим Ниш произвёл тщательный анализ ситуации по заказу министерства окружающей среды и пришёл к следующему выводу⁴¹:

*В результате возможного **продления сроков эксплуатации атомных реакторов** пришлось бы полностью пересмотреть нынешние планы по строительству электростанций на ископаемом*

40. Самая старая электростанция на угле, работавшая в Восточном Берлине до 1989 года, была построена в 1919 году.

41. Joachim Nitsch: Leitstudie 2008 „Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneubare Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas, по заказу федерального министерства окружающей среды, охраны природы и безопасности реакторов, октябрь 2008 г. <http://www.erneubare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2008.pdf> (там стр. 11).

топливе, чтобы не поставить под угрозу поставленную цель: рост доли возобновляемых источников до 30% к 2020 году. Цели по развитию когенерации стали бы недостижимыми. Были бы **в принципе поставлены под вопрос необходимые структурные изменения энергоснабжения** в направлении роста энергосбережения, повышения доли когенерации и динамичного развития возобновляемых источников. Тогда энергетическая система едва ли сумеет достичь поставленной цели по защите климата: снизить к 2050 году выбросы CO_2 на 80 процентов⁴².

Если мы хотим всерьёз развивать возобновляемые источники энергии, то для этой цели нам нужны не дополнительные базовые мощности, работающие на протяжении всего года с высокой нагрузкой, а гибкие средние (полупиковые) электростанции, способные дополнить работу электростанций с прерывистой выработкой электроэнергии⁴³. „Продление сроков эксплуатации АЭС сохранило бы на рынке такое количество энергии, которое можно было бы постепенно заменить когенерацией“, – подчёркивает Институт Вупперталя⁴⁴. Кроме того, продолжение эксплуатации АЭС будет препятствовать развитию городских тепловых систем.

Конкуренция между электроэнергией из возобновляемых источников и АЭС (вместе с другими формами „базовой“ энергетики) делает положение на рынке всё более абсурдным. В Германии подача электроэнергии из возобновляемых источников в сети по закону имеет преимущество перед атомной и угольной энергетикой. Например, в октябре 2008 года выработка ветряной энергии была так велика, что часть „невозобновляемой“ электроэнергии пришлось продавать на рынке по „отрицательным“ ценам, потому что было невозможно в нужной мере снизить мощность угольных и атомных электростанций – и это несмотря на то, что восемь гигаватт мощности атомных электростанций были вне сети из-за работ по техническому обслуживанию⁴⁵. С тех пор „отрицательные“ цены на электричество (раз-

42. Выделено в оригинале.

43. Следует помнить, что все электростанции вырабатывают электроэнергию более или менее неравномерно, в том числе и атомные. Их приходится каждый год останавливать для загрузки нового топлива на несколько недель, некоторые АЭС приходится останавливать на сроки более года для ремонта и замены узлов.

44. Manfred Fischedick и др.: Hindernis Atomkraft – Die Auswirkungen einer Laufzeitverlängerung der Atomkraftwerke auf Erneubare Energien. По заказу федерального министерства окружающей среды, охраны природы и безопасности реакторов, Институт Вупперталя, апрель 2009 г. http://www.erneubare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pdf/studie_hindernis_atomkraft.pdf (там стр. 7).

45. Там же.

решённые в Германии с сентября 2008 года) наблюдаются на германском рынке электроэнергии всё чаще и чаще. В период между сентябрём 2009 и февралём 2010 года цены на электроэнергию 29 дней находились в „красной зоне“ (см. илл. 13). Иногда отрицательные цены приобретали удивительные размеры: 4 октября 2009 года поставщикам электроэнергии приходилось платить до 1500 евро за один мегаватт-час, чтобы его энергию приняли в сеть.

В принципе, постепенный отказ от использования атомной энергии может прекрасно сочетаться с внедрением гибкой энергетической системы, в которой осмысленно комбинировались бы децентрализованные источники энергии.

Илл. 13: Отрицательные цены на электроэнергию на немецком рынке



Испанский пример: достигло ли развитие возобновляемых источников своих естественных на данный момент границ?

Ранним утром 24 февраля 2010 года компания „Ред Электрика“ (Red Elíctrica, REE), эксплуатирующая испанские энергосети, распорядилась отключить на несколько часов от сети 800 мегаватт, производимых ветряными электростанциями. Причина: по состоянию на 1 час 30 минут ветряные установки вырабатывали 11 961 мегаватт (44,5 процента потребности, составлявшей на тот момент 26 674 мегаватт). После вмешательства REE подача энергии с ветряных установок была сокращена до 10 852 мегаватт. До 6 часов 30 минут, когда потребление выросло, подача энергии с ветряных установок была меньше возможной. Причём всё это время в сеть подавалось неизменное количество энергии с АЭС.

4. Новый подход

Один из важнейших вопросов заключается в том, каким образом приверженность централизованной энергосистеме (в результате продления сроков эксплуатации либо строительства новых установок) скажется на инновациях. Это касается не только технологических аспектов выработки электроэнергии и тепла, а в первую очередь инновативного комбинирования децентрализованного использования энергии и управления нагрузкой на виртуальные электростанции. В „Электрической инициативе“, основанной в 2005 году бывшим президентом „Моторолы“ Робертом Кальвином, заявляется:

Система производства электроэнергии в США устарела, она ненадёжна, малоэффективна и небезопасна. Она не отвечает требованиям „цифровой“ экономики и нуждается в срочной модернизации. Некоторые технические компоненты (...) эксплуатируются десятки лет и вскоре выйдут из строя. Конечно, эти узлы можно заменить, но нынешняя ситуация даёт стране уникальную возможность изменить энергетические сети США, создать их заново – причём таким образом, чтобы это пошло на пользу и потребителям, и окружающей среде, и экономике. (...) Однако энергетической промышленности за 50 лет не удалось добиться существенного обновления, что связано в первую очередь с тем, что политико-экономические рамки промышленности не соответствуют требованиям 21-го века ⁴⁶.

То же самое можно сказать и о европейских энергосетях, и о многих других промышленно развитых странах мира.

Виртуальные электростанции – это центральное управление объединёнными децентрализованными единицами, т.е. небольшими установками, использующими возобновляемые источники и когенерацию. Это одна из самых перспективных концепций для будущего энергоснабжения.

Такой подход можно расширить за счёт включения таких децентрализованных накопителей, как автомобильные аккумуляторы и запасы возобновляемых энергетических систем. Это прямая противоположность системе атомной энергетики: потребитель энергии может в пределах оптимизированной сети решать, когда эта энергия должна вырабатываться и потребляться (равновесие спроса и предложения). Потребители энергии становятся её производителями, появился даже английский термин *prosumer* (в противовес слову *consumer*).

46. The Galvin Initiative: Transforming the Grid: An Executive Summary, <http://galvinpower.org/about-galvin/transforming-grid>

А в такой стране, как Германия большая часть инвестиций в новые энергетические мощности уже осуществляется не энергетическими компаниями, а частными потребителями. Для реализации этой концепции необходимо основательно перестроить сети. Европейская группа регулирования в области электричества и газа (ERGEG) объявила в своей декларации⁴⁷:

Энергетические сети будущего должны быть в состоянии объединять различные технологии, установки разного размера и с различным уровнем напряжения. Какие-то установки мы можем регулировать, выработка других в высокой степени зависит от физического наличия первичного источника энергии (например, ветряной энергии). (...) Чтобы удовлетворять потребности в энергии оптимальными производственными и сетевыми мощностями, необходимо, чтобы все системы можно было гибко контролировать без остановки производства. Это станет возможным в результате развития энергетических сетевых систем, которые также называют "smart grids".

Существенное отличие от традиционных систем передачи и распределения электроэнергии заключается в подключении к электросети высокотехнологичной коммуникационной системы. Важной и сложной задачей станет интеграция таких коммуникационных систем в системы среднего и низкого напряжения и их взаимодействие при гибкой системе учёта уровня потребления (smart metering) на стороне потребителя. Для достижения этой цели нужно не только разработать новые системы, но и приспособить к ним регулировочные механизмы. По мнению ERGEG, чем быстрее будут внедряться „умные сети“, тем больше от регулирующих органов потребуются „находить возможности для развития принципиальных новшеств на адекватном уровне и в необходимом объёме, одновременно с этим в должной мере защищать интересы потребителей и обеспечивать экономически эффективное развитие сетей“⁴⁸.

Италия, не использующая атомную энергию, является первопроходцем в области гибкого учёта уровня потребления. Ещё в 2006 году регулирующие органы страны распорядились, чтобы до 2011 года все потребители обзавелись „умными счётчиками“ (“smart meters”). Швеция ещё быстрее внедрила эту систему, все потребители были оснащены новыми счётчиками уже в июле 2009 года. Теперь шве-

47. ERGEG: Position Paper on Smart Grids “An ERGEG Public Consultation Paper”, Брюссель, 10 декабря 2009 г.

48. Там же.

ды помогают датчанам, финнам и норвежцам быстрее реализовать аналогичные программы.⁴⁹ А такая атомная держава как Франция собирается в 2010 году провести всего лишь тестирование 300 тысяч „умных“ счётчиков в двух регионах. Тем временем основанная в 2008 году пятью предприятиями группа ESMIG (Европейская промышленная группа умного подсчёта – European Smart Metering Industry Group) к июлю 2010 года имела уже 32 члена, теперь в неё входят крупнейшие европейские фирмы в сфере электроники и телекоммуникаций. В большинстве промышленно развитых стран уже существуют демонстрационные проекты, в некоторых развивающихся странах они разрабатываются. В марте 2010 года американское агентство по международному развитию (USAID) опубликовало план развития „умных“ энергетических сетей в Индии (“A Smart Grid Vision for India’s Power Sector”).

Изготовители бытовой техники тоже быстро двигаются вперёд. Фирма “Whirlpool” первой объявила, что к 2015 году вся выпускаемая ей бытовая техника с электронными компонентами будет совместима с технологией *smart grid*.

В настоящее время уже создаётся целый ряд моделей децентрализованной выработки электроэнергии при использовании возобновляемых источников. Во многих странах создаются виртуальные электростанции и микросети, существенно снижающие потери при транспортировке и распределении⁵⁰. В мае 2010 года компания “Galvin Electricity Initiative” создала микросеть “Microgrid Hub”: „Умные сети – лучшее средство для интеграции возобновляемых источников энергии на коммунальном уровне и участия клиентов в деятельности энергетических предприятий. Они представляют собой основные элементы „идеальной энергосистемы“ (Perfect Power System)“⁵¹. Такая идеальная система была разработана компанией “Galvin Electricity Initiative” и является „инновационным технологическим и бизнес-проектом для создания совершенной „умной сети“. Технологический институт университета Иллинойса недавно приступил к реализации соответствующего демонстрационного проекта.

В июле 2010 года была основана организация ISGAN (Международная сеть действий в области „умных сетей“ – International Smart

49. Technology Action Plan “Smart Grids”, доклад Италии и Южной Кореи на форуме “Major Economies Forum on Energy and Climate”, декабрь 2009.

50. Примеры: Дардесхайм (Саксония-Ангальт), Хоогкерк (Нидерланды) и Калифорнийский Университет в Сан-Диего, см. <http://rdmag.com/News/2010/04/Industries-Energy-Utilities-Microgrid-to-deploy-at-UC-San-Diego-campus/>

51. см. например <http://galvinpower.org/microgrids>

Grid Action Network). Однако понятие “smart grid” (умная сеть) можно использовать с разным смыслом. Решающим фактором станет то, станут ли определённые компоненты таких сетей (прежде всего „умные счётчики“) всего лишь полезным дополнением к старой, централизованной системе, или же ситуация будет развиваться таким образом, который позволит задействовать все их возможности. Вторым вариантом означал бы реконструкцию энергосетей на базе микросетей. Там, где это возможно, такие микросети будут объединяться в блоки (cluster) и дополнять друг друга для большей стабильности всей системы.

В Великобритании, как и во Франции, в умных энергосетях видят в первую очередь техническое усовершенствование, а не способ перевода всего энергетического хозяйства на новые основы – энергосбережение и возобновляемые источники энергии. Напротив, британское министерство энергетики и защиты климата прогнозирует постоянный рост энергопотребления.

В 2050 году мы должны будем вырабатывать больше энергии, чем сегодня, но нам необходимо существенно снизить выбросы газов, вызывающих парниковый эффект. Нужно получать электроэнергию из таких низкоуглеродных источников, как возобновляемые источники энергии, атомная энергия и электростанции на ископаемом топливе, имеющие оборудование для отделения и хранения CO₂⁵².

Конечно, наши знания ещё не всеобъемлющи, но всё же преобладают свидетельства в пользу того, что некоторые системные особенности энергетической инфраструктуры, базирующейся на атомной энергии, не только мешают развитию энергоснабжения на основе возобновляемых источников и энергосбережения; в некоторых случаях, особенно при росте удельного веса возобновляемых источников, эти два подхода прямо противоречат друг другу.

5. Время для инвестиций

Необходимо срочно принимать меры против изменений климата

Существует общий консенсус относительно того, что производимые цивилизацией выбросы в атмосферу, прежде всего диоксида углерода (CO₂), приводят к парниковому эффекту и глобальным из-

52. Department of Energy and Climate Change: Developing a UK Smart Grid, декабрь 2009, стр. 5. http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/what_we_do/uk_supply/network/smart_grid/smart_grid.aspx

менениям климата. В своём четвёртом докладе Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) приходит к выводу, что „разогревание климатической системы очевидно“ и что причиной этого с вероятностью более 90 процентов является деятельность человека после начала промышленной революции. В XX веке мировая температура повысилась примерно на 0,6 градуса Цельсия. Если использование энергии и Земли продолжится в том же виде, то концентрация „парниковых“ газов в атмосфере вырастет до такой степени, что уже к концу этого века температура может возрасти на несколько градусов. Это будет иметь катастрофические последствия для человечества и экосистемы Земли.

Чтобы предотвратить самые ужасные последствия изменений климата, международное сообщество поставило себе цель – так называемые „два градуса“. Это означает, что необходимо снизить выбросы и добиться того, чтобы среднемировая температура не повысилась более чем на два градуса по сравнению с уровнем доиндустриальной эпохи. С этой целью согласились многочисленные международные организации и форумы, в том числе ЕС, МГЭИК, а недавно она получила поддержку и в Копенгагенском соглашении, в готовом говорится: „Мы едины в том, что согласно научным исследованиям необходимо резкое снижение выбросов в мировом масштабе, как это было заявлено в четвёртом докладе МГЭИК, и наше общее намерение – снизить выбросы в такой степени, чтобы глобальное потепление не превысило двух градусов Цельсия, и мы примем для достижения этой цели такие меры, которые будут находиться в соответствии с научными данными и с принципами равенства“⁵³.

Для достижения этой цели необходимо до 2050 года резко снизить выбросы парниковых газов – на 80 процентов. Но во многих отношениях более важными являются краткосрочные цели. Быстрые изменения в технологиях и практике покажут, что снижение выбросов возможно и что можно остановить поток инвестиций в стратегии, препятствующие энергосбережению и не способствующие снижению количества выбросов. Всякое промедление в деле снижения выбросов будет означать более крупные затраты в будущем.

53. Копенгагенское соглашение от 18 декабря 2009 года. Рамочная конвенция по климату ООН, 15 заседание, Копенгаген, 7-18 декабря 2009 года. Неофициальный перевод министерства окружающей среды: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/copenhagen_accord_bf.pdf (стр. 2)

6. Распространение новых технологий – опыт и ожидания

Атомная энергия

С учётом необходимости скорейшего снижения выбросов переход на массовое использование новых технологий – важный, но недооцениваемый фактор. Возведение новых электростанций можно разделить на два этапа: разработку и строительство.

В фазу разработки часто включаются также целый ряд слушаний, как правило, на этом этапе требуется получить необходимые разрешительные документы на строительство и эксплуатацию, согласовать проект на местном и национальном уровне, а также обеспечить финансирование. В некоторых случаях новые технологии можно внедрить быстрее, если предварительно решить общие вопросы безопасности. В противном случае фаза разработки может растянуться, может осложниться обстановка на местах, могут возникнуть новые проблемы. По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА) фаза разработки для АЭС составляет приблизительно восемь лет⁵⁴. В этот показатель входит время, необходимое на получение политического одобрения; предполагается, что имеются в наличии необходимая промышленная инфраструктура, квалифицированная рабочая сила и экономические предпосылки. Тони Блэр сказал в мае 2006 года, что атомная энергия „решительно“ вернулась, однако потребовалось несколько лет на то, чтобы вообще начался этап разработки.

В истории атомной энергетики было множество долгостроев. Анализ Всемирного энергетического совета⁵⁵ показывает, что сроки строительства атомных реакторов увеличились по всему миру. Их существенное увеличение, наблюдавшееся с конца 1980-х годов до 2000 года, было отчасти связано с политическими и общественными взглядами на атомную энергию после Чернобыльской катастрофы, а также с постепенным усложнением условий согласования. Как мы показали в „Отчёте о положении атомной промышленности в мире за 2009 год“⁵⁶, подсчёт среднемирового срока строительства АЭС (он

54. IEA: Nuclear Power in the OECD, International Energy Agency 2001.

55. См. World Energy Council, Alexandro Clerici et al.: The future role of nuclear energy in Europe, 13 июня 2006 г., а показатели за 2000 год, основанные на расчётах PRIS см. <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>

56. Mycle Schneider, Steve Thomas, Antony Froggatt, Doug Koplow: Der Welt-Statusreport Atomindustrie 2009. По заказу федерального министерства окружающей среды, охраны природы и безопасности реакторов Германии, Париж и Берлин, август 2009 г. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/welt_statusbericht_atomindustrie_de_bf.pdf

составил бы примерно 9 лет для последних 16-ти введенных в строй АЭС) не имеет смысла из-за различий между странами. Сроки строительства четырех реакторов, запущенных в Румынии, России и на Украине, составили от 18 до 24 лет. В то же время 12 объектов были построены в среднем чуть больше чем за 5 лет – в Китае, Индии, Японии и Южной Корее.

Во всем мире отмечается увеличение сроков строительства. Если в период с 1965 по 1976 год срок строительства АЭС в Германии составлял 76 месяцев, то в период с 1983 по 1989 год он увеличился до 110 месяцев. В Японии сроки строительства составляли в период с 1965 по 2004 год в среднем 44-51 месяц. В России сроки строительства составляли в период с 1965 по 1976 год в среднем 57, с 1977 по 1993 год 72-89 месяцев. Строительство последних четырех электростанций длилось примерно 180 месяцев (15 лет)⁵⁷. Причинами стали усилившаяся после Чернобыля оппозиция новым АЭС, экономические проблемы и политические изменения после 1992 года.

Таблица 1: Сроки строительства атомных электростанций в мире

Период	Число реакторов	Средний срок строительства (месяцев)
1965-1970	48	60
1971-1976	112	66
1977-1982	109	80
1983-1988	151	98
1995-2000	28	116
2001-2005	6	77
2005-2009		

Источник: Clerici (2006) и МАГАТЭ⁵⁸

Первый реактор нового типа, так называемого поколения III+, строится в Финляндии⁵⁹. Заказ на строительство АЭС Олкилуото-3 был размещен в декабре 2003 года; реактор должен был дать энергию 1 мая 2009 года. Однако дата завершения строительства уже сдви-

57. World Energy Council, Alexandro Clerici et al.: The future role of nuclear energy in Europe, 13 июня 2006 г., а показатели после 2000 года, основанные на расчетах PRIS см. <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>

58. Там же. Период 2005-2009 не включает в себя завершение строительства блока Чернавода-2 в Румынии, которое из-за долгого перерыва длилось 279 месяцев.

59. Более подробную информацию см. Steve Thomas: The Economics of Nuclear Power: An Update. Изд. Фонда им. Генриха Бёлля, март 2010 г. http://www.boell.de/downloads/ecology/Thomas_economics.pdf Представлена также немецко-язычная версия.

нута примерно на три с половиной года, затраты превысили исходный бюджет почти на 100 процентов (сейчас расчёты показывают, что строительство обойдётся в 5,7 миллиарда евро, а первоначально бюджет составлял три миллиарда). Другой реактор поколения III+ (как и в Финляндии, это реактор EPR – European Pressurized Reactor) строится во Франции. После трёх лет строительства проект Фламанвиль-3 даже по официальным оценкам отстаёт от графика на два года, а бюджетные рамки превышены на два миллиарда евро, или на 50 процентов. Из-за этих проблем агентство Standard&Poor's понизило кредитный рейтинг компании „Арева“ (Areva), заказчика АЭС.

С учётом сложности и объёма расходов наблюдается тенденция к тому, чтобы строить реакторы не одновременно, а друг за другом. Это значит, что заказчики строительства ждут, пока реактор не будет готов, прежде чем приступить к следующему. В результате до полной готовности новой серии АЭС проходит много лет.

Можно было бы предположить, что опыт, полученный при строительстве реакторов по всему миру, приведёт к ускорению строительства и к снижению затрат. Однако до сих пор ничего подобного в случае с атомной энергетикой не наблюдалось, что отчасти связано со сложностью технологии в целом, связанной с ней системой поставок и разнообразием применяемых технологий. В „докладе Стерна“, документе британского правительства об экономических последствиях изменений климата, говорится:

Затраты на выработку и передачу электроэнергии постоянно снижались у всех технологий благодаря инновациям и увеличению масштабов производства и передачи – но с атомной энергией ничего подобного не произошло с 1970-х годов⁶⁰.

Это видно и на примере двух крупнейших в мире атомных программ – США (илл. 14) и Франции (илл. 15). Несмотря на имеющийся опыт, в обоих случаях мы видим сильный рост затрат. В США расходы на установленный киловатт выросли примерно в пять раз, во Франции – более чем в три раза. Показатели для США (илл. 14, фиолетовые точки) составляют более 10 тысяч долларов за установленный киловатт. В основе этих данных лежат оценки независимых экспертов и специалистов с Уолл Стрит. Также нужно отметить, что во Франции исследование проводилось в отношении только одного предприятия, потому что только одно государственное предприятие было способно строить и эксплуатировать реакторы.

60. Dennis Andersen: Cost and finance of abating carbon emissions in the energy sector, стр. 18; Imperial College London, октябрь 2006 г. (сопроводительный документ для журнала „Штерн“).

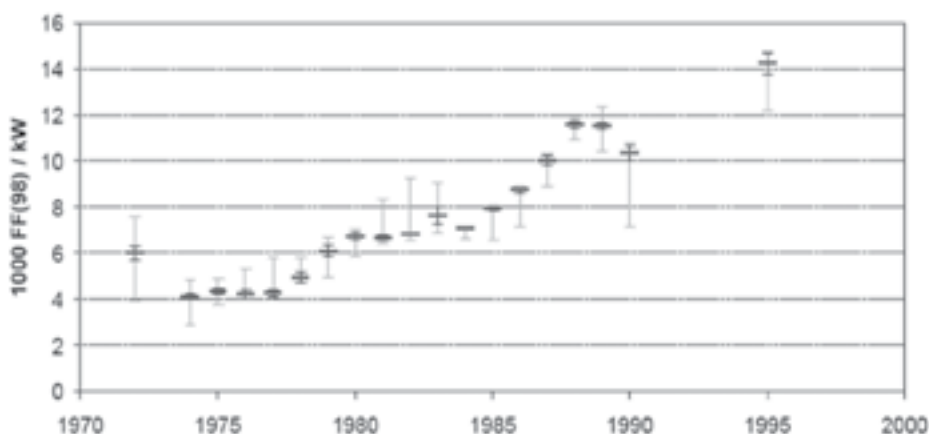
Илл. 14: Изменение инвестиционных затрат („эффект обучения“) для АЭС в США



Источник: Mark Cooper, 2009 ⁶¹

* Прим. редакции: “Overnight Costs” не учитывают процентов на капитал и роста цен в процессе инфляции, то есть они отражают, какие расходы должен нести будущий продавец электроэнергии или владелец АЭС, если электростанция возникнет „за одну ночь“ и все расходы будут соответствовать сегодняшним ценам. См. <http://www.streitpunkt-kernenergie.de/index.php?id=5>

Илл. 15: Изменение инвестиционных затрат („эффект обучения“) для АЭС во Франции



Источник: Арнульф Грублер (Arnulf Grubler), 2009 ⁶²

61. Mark Cooper: The Economics Of Nuclear Reactors: Renaissance Or Relapse? Vermont Law School, июнь 2009. <http://www.vermontlaw.edu/Documents/Cooper%20Report%20on%20Nuclear%20Economics%20FINAL%5B1%5D.pdf>. Иллюстрация представлена в оригинале.

62. Arnulf Grubler: An assessment of the costs of the French nuclear PWR program 1970-2000, International Institute for Applied Systems Analysis, Лаксенбург, октябрь 2009 г. <http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/IR-09-036.pdf>. Иллюстрация представлена в оригинале.

Называют разные причины такого низкого, даже отрицательного эффекта обучения: относительно небольшое число заказов после 1970 года, сложность атомной энергетики в контексте финансирования и политики, а также многообразие типов АЭС⁶³. Возможно, что некоторые из этих барьеров в будущем удастся преодолеть. Однако одна из структур британского правительства, “Performance and Innovation Unit” указала на то, что по сравнению с другими технологиями атомные электростанции и в будущем не продемонстрируют значительный эффект обучения по ряду причин:

Технологии атомной энергетики являются достаточно зрелыми. Вероятность прорыва меньше, чем у других технологий.

Относительно длительные сроки проектирования и строительства ведут к тому, что опыт строительства и эксплуатации первых объектов сказывается с запозданием.

Потенциал повышения рентабельности в результате массовости производства у атомной энергетики ниже, чем у возобновляемых источников энергии. У последних меньше размер установок и шире область применения.

Кроме того, с тех пор, как атомная индустрия достигла в 1980-е годы своего пика, произошли радикальные перемены в структуре промышленности. Те предприятия, которые были ведущими в 80-е годы, либо совсем ушли с рынка, либо слились с другими предприятиями из данной отрасли, либо занялись демонтажом и утилизацией отходов – эти два вида деятельности расширились за последние годы. Всё это привело к тому, что лишь небольшая группа предприятий и лишь в отдельных государствах способны целиком и полностью осуществить строительство атомной электростанции⁶⁴.

Атомная индустрия находится в фазе глубокой реорганизации и переоснащения. Тому, кто собирается инвестировать в крупные промышленные установки, нужен крупный капитал. Представители промышленности не будут вкладывать сотни миллионов в проекты, не имея гарантий спроса на годы вперёд.

Возобновляемые источники энергии

Как показано на иллюстрации 16, возобновляемым источникам не приходится бороться с проблемами, характерными для атомной энер-

63. Performance and Innovation Unit (PIU): Energy Review Working Paper, The Economics of Nuclear Power, 2002. www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/strategy/assets/pii.pdf

64. IAEA: International Status and Prospects of Nuclear Power, 2008. <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/NuclearPower/np08.pdf>

гетики. Децентрализованная инфраструктура ветряной и солнечной энергетики, установок на этаноле существенно снизила затраты на монтаж и эксплуатацию такой техники.

Илл. 16: Эффект обучения для разных технологий



Источник: IPCC 4th Assessment Report, report 3, Mitigation of Climate Change, оригинальная иллюстрация

В 2002 году британское правительство в лице “Performance and Innovation Unit” рассчитало производственные затраты для разных вариантов энергоснабжения в 2020 году. В таблице 2 показано, что затраты на атомную энергетику окажутся значительно выше, чем на ветряные установки на суше или на море и примерно равны затратам на энергетические культуры (биотопливо) и волновую энергетику.

Таблица 2: Проекция затрат на разные виды топлива для выработки электроэнергии в 2020 году

Технология	Затраты на КВт-ч	Достоверность оценки	Тенденции расходов до 2050 года
Традиционные виды топлива			
Уголь (IGCC)*	3,0-3,5	умеренная	Снижение
Газ (CCGT)**	2,0-2,3	высокая	Ограниченное снижение
CCS***	3,0-4,5	умеренная	Неизвестно
Крупные электростанции на газе	< 2	Высокая	Ограниченное снижение
Маленькие электростанции на газе	2,5-3,5	умеренная	Постоянное снижение
Атомная энергетика	3,0-4,0	умеренная	Снижение

Возобновляемые источники энергии			
Ветер (на суше)	1,5-2,5	высокая	Ограниченное снижение
Ветер (на море)	2,0-3,0	умеренная	Снижение
Энергетические культуры	2,5-4,0	умеренная	Снижение
Волновая энергия	3-6	низкая	Неизвестно
Солнечная энергия	10-16	высокая	Постоянное снижение

Источник: PIU 2002 ⁶⁵

* Прим. редакции: комбинированная установка с газификацией угля

** Прим. редакции: комбинированная электростанция

*** Прим. редакции: отделение и хранение CO₂

Ветряная энергетика в последние годы столкнулась с некоторыми трудностями в британских сельских округах. В результате целый ряд проектов потерпели неудачу, либо их реализация затянулась. В 2009 году местные власти санкционировали строительство лишь 25 процентов от всех запланированных наземных ветряных установок – снижение на 63 процента по сравнению с 2007 годом. План развития возобновляемых источников британского правительства, принятый в июле 2009 года, предполагает, что мощность наземных ветряных установок в 2020 году должна составить 14 гигаватт. К середине 2010 года было установлено 3,2 гигаватт, 0,8 гигаватт были построены, но ещё не введены в эксплуатацию, и 3,3 гигаватт находились на стадии строительства – в общей сложности 7,4 гигаватт, чуть больше половины от заявленной цели. Имеются планы строительства ещё 7,4 гигаватт – этого достаточно, чтобы добиться выполнения поставленной цели, если строительство этих установок будет санкционировано ⁶⁶. По сравнению с атомными электростанциями даже крупные проекты на море можно реализовать довольно быстро. В январе 2010 года британское правительство объявило о планах строительства новых ветряных установок мощностью 32 гигаватт, помимо запланированных установок на 8 гигаватт. Эти установки должны подключиться к сети к 2020 году.

Важно осознать разницу между ветряным парком и традиционной электростанцией. Европейская ассоциация ветряной энергетики (EWEA) сравнивает строительство парка ветряных установок с при-

65. PIU: The Energy Review: A Performance and Innovation Unit Report, The Cabinet Office, февраль 2002 г., стр. 199. www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/strategy/assets/theenergyreview.pdf

66. British Wind Energy Association: Wind farm planning approvals by local councils slump to record low of 25%, сообщение для прессы Британской ассоциации ветряной энергетики, 20 октября 2009 г. http://www.bwea.com/pdf/press/PR2091020_25pc_approval.pdf

обретением парка грузовых автомобилей. Турбины приобретаются по заранее зафиксированной цене, имеется график поставок. Можно заранее определить необходимое электрическое оборудование. Во время строительства затраты могут колебаться, но доля строительных расходов в общей стоимости проекта очень невелика⁶⁷. Сроки строительства наземных ветряных турбин относительно малы; небольшие установки можно смонтировать за несколько месяцев, и почти все – в течение года. Быстрота реализации является важным конкурентным преимуществом ветряной энергетики⁶⁸.

Издержки неиспользованных возможностей⁶⁹

Оценки Международного энергетического агентства и других организаций указывают на две тенденции, отчасти противоречащие друг другу. С одной стороны, в следующем десятилетии энергетическому сектору потребуются невиданные ранее инвестиции. Необходимость в них обусловлена следующими обстоятельствами:

- растущими потребностями в энергии, прежде всего в крупных городах развивающихся стран;

- необходимостью остановки многих электростанций в странах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), выработавших свой ресурс, а в некоторых случаях - в результате принятия новых законов об охране окружающей среды;

- истощением существующих месторождений и необходимостью разработки новых.

А с другой стороны, инвестиции в энергетический сектор за последние годы снизились, потому что капитала стало меньше и он стал дороже, потому что энергопотребление снизилось в результате глобальной рецессии и это снижение породило неуверенность среди инвесторов. Сейчас многие эксперты предрекают конец рецессии, и факторы, обусловившие малый объем или отсутствие инвестиций, могут полностью или частично исчезнуть. Вполне вероятно, что инвестиции в энергетический сектор снова возрастут. Но несмотря на ожидаемое экономическое оздоровление инвестиционного капитала будет не хватать, прежде всего, в общественном секторе. Кроме того,

67. European Wind Energy Association: Wind Energy, The Facts: Volume 1, Technology, 2009. http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/publications/WETF/WETF.pdf

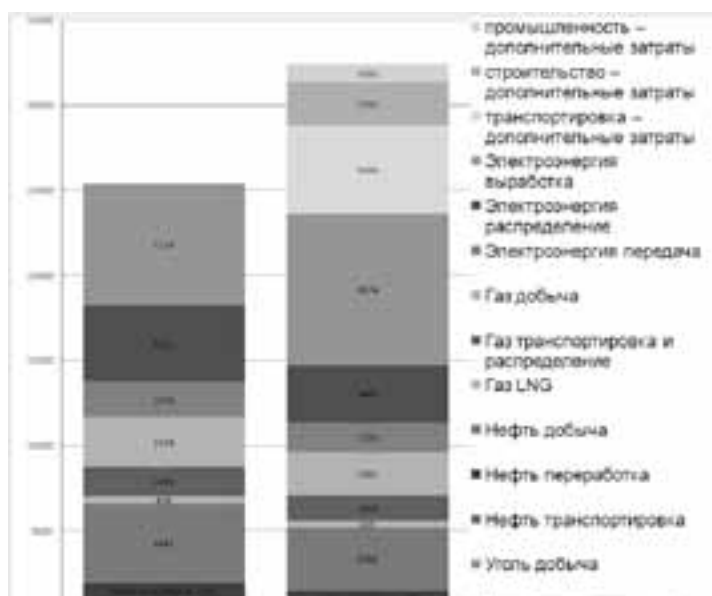
68. „Ветряную установку “Vestas” можно полностью возвести за один год – гораздо быстрее, чем традиционные электростанции – а это означает быстрый возврат инвестиций“. Из рекламы фирмы “Vestas”.

69. Издержки неиспользованных возможностей – это доход, который не был получен из-за того, что не были использованы имеющиеся возможности по использованию ресурсов.

может наблюдаться острая конкуренция за капитал между различными технологиями выработки энергии.

Если инвестиции в энергетической сфере действительно возрастут, то от тех решений, которые мы принимаем сегодня, будет зависеть, какие технологии выработки энергии будут использоваться на протяжении жизни целого поколения. На иллюстрации внизу показаны объёмы инвестиций, необходимых энергетическому сектору по мнению МЭА (на основе различных сценариев). Прогноз МЭА базируется на общих инвестициях в объёме 25,6 триллионов долларов до 2030 года; при условии, что выбросы парниковых газов не должны привести к повышению температуры на планете более чем на два градуса, инвестиций должно быть на 10,5 триллионов долларов больше. Большая часть этих денег должна быть направлена на усиление энергосбережения – на повышение качества зданий и автомобилей. Рост расходов связан также со сменой энергоносителей, с получением электроэнергии из ископаемого топлива, с отделением и хранением CO₂. Эти дополнительные инвестиции приведут, во-первых, к падению спроса на ископаемое топливо (они сократят инвестиции в разработку и транспортировку примерно на 2,1 триллиона долларов), а во-вторых, к снижению расхода топлива. МЭА прогнозирует экономию в размере 8,6 триллионов долларов до 2030 года и 17 триллионов – за всё время „работы“ инвестиций.

Илл. 17: Изменения инвестиций в низкоуглеродные виды энергии



Источник: World Energy Assessment 2009, IEA

Мы видим, насколько важен учет целей политики в области энергетики в контексте инвестиций. Если этого не происходит, то либо политика провалится, либо инвестиции пропадут.

Та же логика действует и для инвестиционных приоритетов в энергетическом секторе. Если удастся существенно повысить энергосбережение на уровне конечного потребителя, то это может привести к снижению спроса на разработку полезных ископаемых, а также инвестиции в передачу энергии. Но самое непосредственное влияние это окажет на различные источники энергии: если в один источник инвестируется больше, то снижается потребность в других источниках.

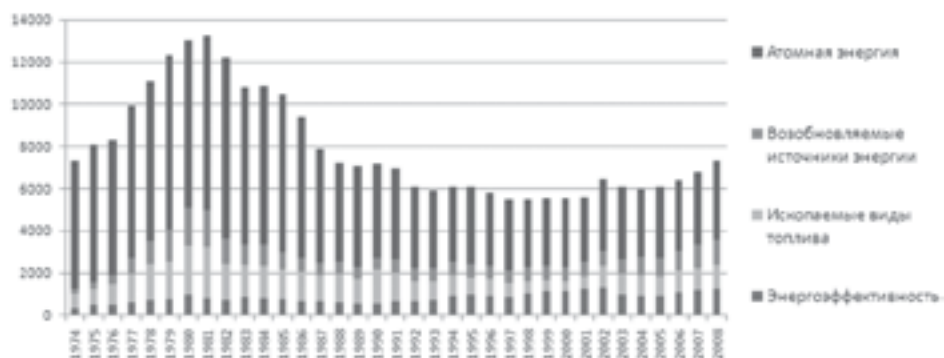
Практически во всех прогнозах, приводящих к существенному снижению выбросов в энергетическом секторе, удельный вес атомной энергии относительно мал по сравнению с возобновляемыми источниками (независимо от энергосбережения). Тем не менее звучат мнения, будто бы атомная энергия должна быть признана „низкоуглеродным видом энергии“, наряду с отделением и хранением CO₂ на газовых и угольных электростанциях.

Чтобы действительно стабильно вырабатывать электроэнергию с малыми выбросами углекислого газа, нужно не только развивать новые источники энергии, необходимо также изменить систему распределения и использования энергии. Для этого нужно по-новому расставить приоритеты в технологической цепочке, нужно инвестировать по-новому – от исследований и разработок до распространения технологий.

Исследования и разработки

Есть не так много областей, в которых атомная энергетика и возобновляемые источники так явно конкурируют друг с другом, в которых их так удобно сравнивать, как в государственных исследованиях и разработках. Несмотря на постоянные призывы больше инвестировать в энергетическую и климатическую безопасность, государственные расходы на эти цели уменьшились после 1980 года почти наполовину. Под удар попали все энергоносители. Это результат девиза „меньше государства“ и стремления увеличить роль частного сектора в энергетической сфере в последние десятилетия.

Илл. 18: Государственные расходы на исследования и разработки в странах ОЭСР (2008, в миллионах долларов США)



Источник: МЭА⁷⁰

Поскольку бюджеты уменьшились, правительства сегодня могут влиять на развитие новых энергетических технологий слабее, чем раньше. На илл. 19 показано, в какой степени в расходах на исследования и разработки доминирует атомная энергия; в предыдущие десятилетия её доля составляла почти две трети всех расходов. Это доминирование примечательно; оно является результатом действия ряда факторов: во-первых, к атомному сектору относятся средства, выделяемые на исследования и разработки, связанные с делящимися материалами, и на ядерный синтез, причём львиная доля выделяется на исследования и разработки в области ядерного синтеза, поскольку приоритет отдан созданию экспериментального реактора ITER. Во-вторых, содержание ядерных демонстрационных и опытных установок обходится дорого и требует непропорционально высоких затрат – с учётом того, что в краткосрочной перспективе они ничего не дают для энергоснабжения. Кроме того, техническая сложность и инновационная природа этих установок по-прежнему приводят к превышениям бюджета и к срыву сроков. В 2006 году бюджет проекта ITER составлял около пяти миллиардов евро на строительство и ещё пять миллиардов на эксплуатацию в течение 20 лет. Однако с тех пор проект был переработан, и расходы на строительство как минимум удвоились ⁷¹. Такие дополнительные расходы в ближайшие десятилетия скажутся на объёме средств, выделяемых на другие проекты.

70. База данных IEA: Government Energy Technology R&D Budgets. <http://www.iea.org/stats/rd.asp>

71. "Fusion dreams delayed. International partners are likely to scale back the first version of the ITER reactor", в издании: Nature 459, 27 мая 2009 г., стр. 488f. <http://www.nature.com/news/2009/090527/full/459488a.html>

Илл. 19: Государственные расходы на исследования и разработки в странах ОЭСР по разным технологиям (1974-2008)



Источник: МЭА⁷²

Инвестиционные затраты

В условиях рыночной экономики целый ряд факторов влияет на выбор используемых источников энергии. Особое значение имеют цена производства, цена, за которую энергию можно продать, а также финансовые затраты и риски в течении разработки и использования установки по производству энергии.

Атомная энергия в финансовом отношении уступает большинству других источников энергии из-за ряда недостатков: это высокая стоимость установок, долгие сроки строительства и технологическая сложность. Цитаты, приведённые ниже, свидетельствуют о том, что при строительстве атомных электростанций смета регулярно превышает. Такие перерасходы сказываются не только на конкретном проекте, но и на других атомных проектах и/или на предприятии в целом. МЭА констатирует: „Неопределённость строительных издержек – важнейший фактор риска для инвесторов“⁷³.

Превышение сметы расходов в атомной энергетике

*В 1980-е и в начале 1990-х годов строительные издержки в атомной индустрии США и большинства стран Европы были очень высокими – значительно выше, чем по прогнозам*⁷⁴.

MIT, 2003

72. База данных IEA: Research and Development Budget. <http://www.iea.org/stats/rd.asp>

73. IEA: World Energy Outlook, 2009, стр. 268

74. Massachusetts Institute of Technology: The Future of Nuclear Power, MIT, 2003. <http://web.mit.edu/nuclearpower/>

... выяснилось, что сметы расходов в этой промышленности на протяжении всей её истории были сильно заниженными – прямо-таки удивительная неточность, сохраняющаяся на протяжении 40-50 лет ⁷⁵.

Джонатан Порритт

Председатель комиссии по устойчивому развитию британского правительства, 2005

У меня нет причин верить CEZ (чешское госпредприятие, строившее АЭС Темелин). Меня обманывали девять раз. Не понимаю, почему я должен верить им на десятый раз ⁷⁶.

Вацлав Гавел

В то время президент Чешской Республики, 1999

Иллюстрация 14 взята из доклада Юридической школы Вермонта (Vermont Law School), она показывает, как в 70-е и 80-е годы в США росли расходы на строительство реакторов, а также стремительные изменения в сметах атомной индустрии в последние годы. Важно также то, что нынешние оценки роста стоимости не связаны с конкретными цифрами из США (там сейчас не ведётся строительства новых атомных реакторов), а являются результатом глубокого экономического анализа и опыта других стран мира.

Зачастую превышение строительных издержек не попадает в исходные данные экономических исследований, определяющих стоимость выработки энергии.

Например, МЭА утверждает, что строительные издержки, рассчитанные для строительства „за одну ночь“ ⁷⁷, составляют для АЭС от 3200 до 4500 долларов США за один киловатт⁷⁸. Эта величина существенно ниже той, что была рассчитана в Юридической школе Вермонта и других организациях ⁷⁹. На основе своих собственных данных МЭА предполагает, что издержки выработки электроэнергии составят от 55 до 80 долларов за мегаватт-час.

Повышение строительных издержек очень существенно сказывается на общих расходах на „атомную“ электроэнергию. В исследовании университета Вермонта указывается на три причины такого влияния:

75. Цитата из House of Commons Trade and Industry Committee “New nuclear? Examining the issues”, Fourth Report of Session 2005-06, Volume 1.

76. Заявление для прессы от 12 мая 1999, пресс-бюро администрации президента.

77. Ср. прим. к илл. 12.

78. IEA: World Energy Outlook 2009, стр. 266.

79. см. также Citi Investment Research & Analysis: New Nuclear – The Economics Say No, ноябрь 2009 г.

По модели MIT на каждую 1000 долларов дополнительных расходов „одной ночи“ совокупные расходы ⁸⁰ возрастают на 1,8 цента за киловатт-час в финансовой модели поставщика и на 2,4 цента в финансовой модели продавца.

В исследовании Хардинга совокупные расходы возрастают примерно на 2,4 цента за киловатт-час на каждую 1000 долларов роста затрат „одной ночи“.

В исследовании университета Чикаго рост совокупных расходов на 1000 долларов расходов „одной ночи“ составил 3,0 цента за киловатт-час.

В среднем эти цифры дают рост в 40 долларов США за один мегаватт-час. Это соответствовало бы верхнему пределу современных прогнозов цен на электроэнергию и нижнему пределу прогнозов, составляемых на Уолл Стрит и независимыми экспертами (см. иллюстрацию 14). То есть цифры МЭА должны быть скорректированы в сторону увеличения до 95-120 долларов США за мегаватт-час.

В Европе издержки также превышают ожидания. В 2004 году, при выдаче заказа на строительство финского реактора в Олкилуото, цена была определена как 3 миллиарда евро. Однако с тех пор, после пяти лет строительства (и через год после запланированной сдачи объекта), ориентировочные издержки превышают изначальный бюджет на 90% и составляют примерно 5,7 миллиарда евро.

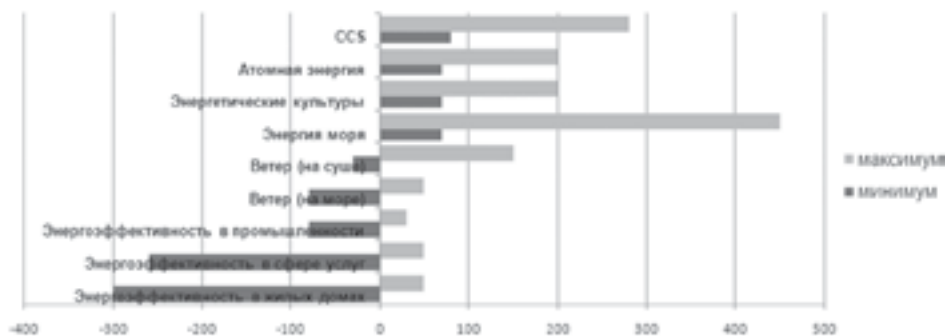
Вполне вероятно, что из-за увеличения расходов на строительство АЭС снизятся инвестиции в другие электростанции и в альтернативные формы энергетического хозяйства. МЭА исходит из того, что для развития атомной энергетики требуются 16 процентов всех инвестиций. Если же мы будем исходить из тех издержек, более соответствующих американским и европейским прогнозам, то инвестиции в другие технологии придётся сократить на 40 процентов – или соответственно увеличить общие расходы. Оба варианта стали бы для энергетического сектора потенциальной проблемой.

Приведённые далее цифры демонстрируют расходы на снижение выбросов CO₂ с помощью технологий, не использующих ископаемые виды топлива, и с помощью энергоэффективности. Результат: атомная энергия значительно дороже всех мер по развитию энергоэффективности, дороже, чем наземные и морские ветряные установки, находится примерно на одном уровне с выработкой энергии с по-

80. Расходы на киловатт-час выработки электроэнергии; они включают в себя затраты на капитал, обслуживание долга, эксплуатацию, техобслуживание и топливо. Сборная шина (англ. busbar) электростанции – точка за генератором, но перед трансформатором напряжения на открытом распределительном устройстве электростанции.

мощью энергетических культур (биотопливо) и, возможно, дешевле, чем использование энергии моря.

Илл. 20: Ориентировочные расходы на снижение выбросов CO₂ в Великобритании в 2020 году (GBP/тонна углерода)



Источник: PIU, 2002

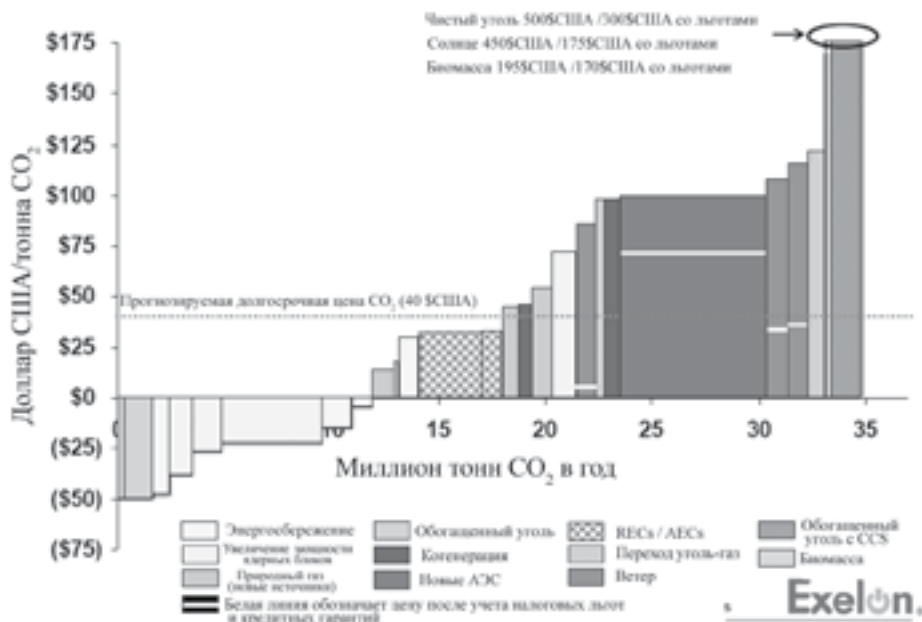
Последние аналитические работы показывают, что расходы на атомную энергетику и возобновляемые источники соответствуют скорее данным британского правительства. В исследовании Маккинси (McKinsey), проведенном в 2009 году, приводятся расчёты стоимости снижения выбросов „парниковых“ газов и делается вывод: „многие малоуглеродистые технологии требуют сходных расходов на снижения выбросов до 2030 года; это говорит о том, насколько трудно сейчас сказать, какая из технологий будет доминировать⁸¹“. Однако Маккинси предлагает для атомной энергии в 2005 году цифру в 3000 евро за киловатт в развитых странах (2000 долларов за киловатт в развивающихся странах). Эта оценка находится ниже реальных строительных издержек в настоящее время и ниже расчётов независимых аналитиков.

Председатель правления крупнейшего американского поставщика электроэнергии “Exelon” недавно признал, что в течение всего лишь двух лет „рентабельность технологий с малыми выбросами CO₂ резко изменилась“, и что его фирма на данный момент оценивает расходы на новые АЭС как 100 долларов на тонну CO₂ (см. илл. 21) – в 10

81. McKinsey: Pathway to a low Carbon Economy – Version 2 of the Global Greenhouse Gas Carbon Abatement Cost Curve, McKinsey and Company 2009. В соответствии с анализом Маккинси для целого ряда атомных и возобновляемых видов энергии затраты на снижение CO₂ составляют от 5 до 20 евро за тонну при новом строительстве, для геотермальной энергии – 5 евро за тонну эквивалента CO₂, атомная энергия – 10 евро, ветряная энергия типа “Low Penetration” – 12 евро, солнечная тепловая энергия – 13 евро, ветряная “High Penetration” – 20 евро.

раз больше величины, используемой в расчётах Маккинси ⁸².

Илл. 21: Оценка расходов фирмы “Exelon” на снижение выбросов CO₂ (долларов США за тонну CO₂)



Инфраструктура и энергосети

Инвестиции в энергетическую инфраструктуру должны увеличиться в следующем десятилетии, независимо от того, какие формы энергии будут использоваться для выработки электричества. МЭА в базовом прогнозе своего последнего доклада “World Energy Outlook” приходит к выводу, что до 2030 года будет необходимо инвестировать 13,7 триллиона долларов США, из них 48 процентов в передачу и распределение (два триллиона в передачу и 4,5 триллиона в распределение). Система, дающая меньше выбросов CO₂, потребует, вероятно, ещё больше инвестиций.

Существующие сети рассчитаны на больших, централизованных производителей, отправляющих энергию по линиям высокого напряжения на большие расстояния – к городским и промышленным центрам. Оттуда линии с более низким напряжением доставляют электричество конечным потребителям. Большинство из этих сетей возникли в период, когда энергетический сектор находился полностью в руках государства. Вследствие этого новые электростанции

82. John Rowe: Fixing the Carbon Problem Without Breaking the Economy, Exelon, 12 мая 2010 г.

не должны были покрывать расходы на сети, необходимые для их работы. Это обстоятельство может вызвать дополнительные затраты и стать конкурентным недостатком для новых производителей энергии, не включённых в существующую сеть, если им придётся платить за подключение или за расширение сети.

Существующая система базируется в основном на модели прогнозов и поставок, при которой централизованные энергетические предприятия пытаются обеспечить ситуацию, в которой запросы потребителя можно было удовлетворить в любой момент времени. Однако такая система неэффективна. Так не появится перспективный энергетический сектор с малыми выбросами CO₂. Чтобы стала возможной ситуация, при которой могли бы существовать производители энергии из возобновляемых источников разной величины, расположенные в самых разных местах, сети необходимо кардинально изменить и модернизировать. В некоторых случаях, например, для морских ветряных установок, необходимы инвестиции в энергосети – без них никакого развития не будет.

Стремление к таким переменам имеет место в политических заявлениях, в инвестиционных и особенно в конъюнктурных программах. Однако зачастую в них не хватает деталей и однозначных формулировок, кроме того, остаётся неясным, происходит ли кардинальная реформа отрасли, и если да, то в каких объёмах. Понятие smart (умный) стало практически синонимом этой реформы, но до сих пор нет общего мнения о его толковании. Ярчайшим примером является пресс-релиз, выпущенный британским министерством энергии и защиты климата незадолго до копенгагенской конференции по климату. Этот пресс-релиз назывался „Британская энергетическая система умнеет“, и понятие smart встречалось 22 раза в 19 предложениях ⁸³.

Конъюнктурные программы, принятые в Великобритании в качестве реакции на экономический кризис, подчёркивают важность мер по защите природы и в особенности необходимость инвестировать в “Smart Grids” – „умные сети“. По информации банка HSBC, финансовые вложения в новые сети по всему миру составили 92 миллиарда долларов, причём львиная доля, около 70 миллиардов – в Китае (общий объём мер по защите окружающей среды составляет 430 миллиардов долларов)⁸⁴. Впрочем, многие проекты, классифицируемые как низкоуглеродные и экологически безопасные, мало отличаются от существующих установок.

83. см. <http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/news/pn139/pn139.aspx>

84. HSBC: A Climate for Recovery; The Colour of Stimulus Goes Green, февраль 2009 г. http://www.globaldashboard.org/wp-content/uploads/2009/HSBC_Green_New_Deal.pdf

ЕС делает главную ставку на Европейскую энергетическую программу восстановления (EPRP). В его рамках создаётся основа для обширного софинансирования ключевых проектов в энергетической сфере. Предполагается потратить 4 миллиарда евро на „защиту рабочих мест и покупательной способности, развитие инфраструктуры и создание новых рабочих мест в низкоуглеродных секторах будущего“. Большую часть (2,365 миллиарда евро, примерно 60 процентов бюджета) составили инвестиции в газовую и электрическую инфраструктуру, 1,05 миллиарда (26 процентов) были направлены на отделение и хранение CO₂ (CCS), а 0,565 миллиарда (14 процентов) – на проекты морских ветряных установок. Подробная информация о проектах CCS и ветряной энергетики была опубликована, в отличие от проектов, связанных с газовой и электрической инфраструктурой – такие проекты ещё проходят процедуру рассмотрения. Создаётся впечатление, что эти последние проекты не имеют ничего общего с низкоуглеродными возобновляемыми источниками энергии, они скорее направлены на укрепление существующего энергетического рынка⁸⁵.

Лишь десять процентов критериев для оценки устойчивости проекта связаны с экологическими приоритетами, но даже в этом случае отсутствует информация о „последствиях для природы, выбросах, шуме, использовании земельных угодий и мерах по сокращению либо компенсированию негативных воздействий“⁸⁶. В подкатегории “Offshore Wind” перечислены три проекта сетевой инфраструктуры, в которые предполагается вложить приблизительно 310 миллионов евро. Стоимость всех проектов оценивается примерно в 1,8 миллиарда евро.

Хотя предполагается, что основные инвестиции пойдут в сети высокого напряжения, основательного анализа противоречивых результатов конкретных инвестиций нет. Абсолютный приоритет, отдаваемый постоянно растущим, работающим с большими потерями централизованным сетям высокого напряжения и распределительным системам, препятствует быстрому внедрению эффективных децентрализованных „умных сетей“. А только с их помощью можно избежать потерь при передаче энергии, они являются ключом к „ум-

85. Постановление (EG) № 663/2009 Европейского Парламента и Совета от 13 июля 2009 года о программе по оживлению конъюнктуры с помощью финансовой поддержки сообщества проектов в области энергетики, L/200/31, 31.07.2009. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:200:0031:0045:DE:PDF>

86. European Commission: European Energy Programme for Recovery. http://ec.europa.eu/energy/grants/docs/eepr/eepr_info_day_presentation_interconnections.pdf

ным“ системам будущего, в которых кардинально изменятся роли производителя и потребителя электроэнергии.

Вот пример: электромобиль гораздо эффективнее преобразует энергию, чем двигатель внутреннего сгорания – своё топливо. Однако это останется теорией, если электроэнергия не была выработана экологически-чистым способом. Инвестиции в инфраструктуру должны стать совсем иными; недостаточно украсить старую, неэффективную инфраструктуру новыми элементами – это не улучшит общие свойства системы.

В последние годы уже проявлялись проблемы с мощностью при включении в сеть больших объёмов энергии из возобновляемых источников. Эти проблемы усугублялись большими и негибкими атомными электростанциями, которым требуется *постоянный* доступ к сети. Развитие возобновляемых источников за последние годы показало, что сроки строительства соблюдаются, контроль над расходами и подключение к сети тоже не представляют собой проблемы. Кроме того, несомненно имеет смысл отдать приоритет именно возобновляемым источникам энергии, потому что им не нужно топливо. Если же не произойдёт системной трансформации, то будет усиливаться неэффективное использование возобновляемых источников. Необходимы кардинальные реформы в управлении энергосетями, значительные инвестиции в новую инфраструктуру и разработка новой техники. Основой этих реформ должно стать более качественное и эффективное энергоснабжение, при котором на передний план выходит выработка и использование энергии на местах, что делает возможным ответственное использование и хранение, интегрирование региональных энергосетей, создание комплексов микросетей (которые снижают потребность в резервной мощности) и, при необходимости, использование таких мощных возобновляемых ресурсов, как ветряные электростанции на море.

Механизмы рынка

Всемирная тенденция к либерализации привела в последние годы к уменьшению государственного вмешательства на рынках газа и электроэнергии. Но это не значит, что государство вообще перестало заниматься энергоснабжением, вместо этого оно активно внедряло рыночные механизмы поддержки определённых технологий.

Во многих случаях, хотя и не во всех, такие рыночные механизмы используются для продвижения возобновляемых источников

энергии – так, например, на рынке электроэнергии были введены гарантированные тарифы и гарантии сбыта энергии. На начало 2009 года минимум 73 страны определили свои политические цели в области возобновляемых источников энергии (в том числе штаты США и провинции Канады, в этих странах такие цели на национальном уровне не ставятся). Такие политические механизмы – основа успеха возобновляемых источников энергии⁸⁷.

Важно также, что Европа чётко зафиксировала, что эти механизмы не являются государственной поддержкой. Решение Европейского суда в 2001 году, ставшее прецедентом, подтвердило, что структурированные тарифы не являются государственной поддержкой, а средством компенсации затрат, не участвующих в формировании цены. Европейская комиссия приняла это решение к исполнению, дополнив его констатацией того, что с точки зрения рентабельности неоднократные рыночные неудачи оправдывают государственное вмешательство на рынках в пользу возобновляемых источников⁸⁸. Среди причин такого положения были указаны следующие обстоятельства:

„Поскольку сейчас не представляется возможным компенсировать внешние издержки по политическим причинам (...) поддержка возобновляемых источников энергии оправдана, учитывая их низкие выбросы в окружающую среду“.

Несмотря на то, что некоторые возобновляемые источники, например, ветряные установки в благоприятных местах, по структуре расходов приближаются к традиционным источникам энергии, на незащищённом рынке энергии возобновляемые источники всё ещё считаются неконкурентоспособными – прежде всего потому, что этот рынок по-прежнему искажается многочисленными прямыми и косвенными субсидиями в пользу существующей энергосистемы и базируется на инфраструктуре, созданной в то время, когда энергетический сектор находился в руках государства... Несмотря на долгосрочные перспективы возобновляемой энергии, рынок пока ещё недостаточно инвестирует в исследования и разработки; поэтому правительства должны стимулировать такие инновации“.

„Современные регулирующие системы благоприятствуют традиционным источникам энергии, которые к тому же пользовались

87. REN21: Renewables Global Status Report 2009 Update: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2009. www.ren21.net/pdf/RE_GSR_2009_Update.pdf

88. Комиссия Европейских Сообществ – сообщения комиссии: поддержка электроэнергии из возобновляемых источников, SEK (2005) 1571, KOM (2005) 627, декабрь 2005 г. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0627:FIN:DE:PDF>

в прошлом мощной государственной поддержкой по части исследований и разработок⁸⁹.

США: субсидии для атомной энергетики в сравнении

В первые 15 лет своего существования атомная энергетика и ветряная энергетика вырабатывали сравнимые объёмы энергии (атомная – 2,6 миллиарда, ветряная – 1,9 миллиарда киловатт-часа). А вот поддержка атомной энергетики превысила поддержку ветряной в сорок раз – 39,4 миллиарда и 900 миллионов долларов.

Marshall Goldberg: “Federal Energy Subsidies: Not All Technologies Are Created Equal”, *REPP* № 11, июль 2000 года.

На большинстве либерализованных рынков всё реже заключают контракты на строительство атомных электростанций, и мы всё реже обращаем внимание на механизмы поддержки этой технологии – несмотря на то, что ей выделяется всё больше средств. Самый яркий пример – США. Закон об энергетике 2005 года предусматривает выделение следующих субсидий атомной энергетике:

Кредит с налога на производство: 1,8 цента налогового кредита на каждый киловатт-час, восемь лет, шесть реакторов – в общем 5,7 миллиарда долларов.

Госгарантии по займам для первых 6-8 реакторов – до 18,5 миллиарда долларов.

Поддержка в случае срыва сроков строительства из-за органов власти или судов – до 500 миллионов долларов за первые два реактора и 250 миллионов за следующие четыре.

Дополнительные средства на исследования и разработки в размере 850 миллионов долларов.

Помощь при выводе из эксплуатации и демонтаже АЭС – до 1,3 миллиарда долларов.

В декабре 2007 года Кристофер Крэйн, президент “Exelon Generation” – одного из предприятий, планирующих строительство новых АЭС, заявил: „Если до 2009 года не будет принята программа кредитных гарантий, то мы прекратим работу“⁹⁰. Насколько важен этот специфический рыночный механизм, стало ясно в январе 2010 года, когда президент Обама увеличил в три раза объёмы потенциального финансирования и объявил, что в подготовленном им законе

89. European Commission: Commission staff working document – Annex to the Communication from the Commission The support for electricity from renewable energy sources – Impact assessment {COM(2005) 627 final} /*SEC2005/1571 */ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2005:1571:FIN:EN:HTML>

90. “Loan Guarantees target as Key for Nuclear Builds”, Power, Finance and Risk, 21 декабря 2007 г.

об энергетике будут предусмотрены гарантии в размере до 54 миллиардов долларов.

Как уже отмечалось, в других странах с либерализованными рынками электроэнергии в настоящее время имеется мало рыночных стимулов к развитию атомной энергетики. Тем не менее разрабатываются такие программы, которые могут привести к продолжению её поддержки. На неформальной встрече руководителей стран ЕС в Хэмптон-корте (октябрь 2005, во время председательства Великобритании) Дитер Хельм представил документ под названием „Европейская энергетическая политика, безопасность поставок и изменение климата“⁹¹. В этом документе утверждалось, что необходимость инвестиций, которая возникнет в результате остановки значительной части существующих электростанций, создаёт идеальную ситуацию для инвестиций в „источники энергии без выбросов углерода“. Далее следует призыв к ЕС „расширить определение возобновляемых источников энергии таким образом, чтобы оно включало в себя различные технологии снижения выбросов“.

Были случаи, когда предпринимались и более открытые попытки включить атомную энергию в категорию возобновляемых источников. В американском штате Аризона в феврале 2010 года был отклонён законопроект, в котором атомная энергия относилась к возобновляемым источникам энергии. Такое определение позволило бы атомной индустрии ссылаться на положение, согласно которому продающие энергию компании должны получать 15 процентов энергии от возобновляемых источников. После того, как атомная энергия была вычеркнута из закона, Джейн Брюер, губернатор Аризоны, заявила следующее: „Это был ясный сигнал для предпринимателей во всём мире – Аризона остаётся идеальным местом для развития солнечной энергетики“⁹².

Европейская комиссия опубликовала 8 марта 2006 года Зелёную книгу „Европейская стратегия устойчивой, конкурентоспособной и безопасной энергии“⁹³. В ней есть следующий фрагмент, в котором говорится о низкоуглеродных технологиях:

Кроме того, было бы целесообразно согласовать общую страте-

91. Dieter Helm: European Energy Policy, Securing Supplies and Meeting the Challenge of Climate Change, 25 октября 2005 г. www.offnews.info/downloads/european_energy.pdf

92. “Bill to classify nuclear as renewable energy killed”, Phoenix Business Journal, 22 февраля 2010 г. <http://phoenix.bizjournals.com/phoenix/stories/2010/02/22daily51.html>

93. Европейская комиссия: Зелёная книга. Европейская стратегия устойчивой, конкурентоспособной и безопасной энергии, 8 марта 2006 г. http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27062_de.html

гическую цель, с помощью которой можно гармонично объединить другие цели – устойчивое использование энергии, конкурентоспособность и надёжность поставок. Этого можно добиться на основе последовательной оценки с использованием базовой величины, посредством которой можно делать выводы о текущих изменениях в составе энергоносителей в ЕС, что помогло бы ЕС смягчить растущую зависимость от импорта. Например, можно определить минимальную долю безопасных низкоуглеродных источников среди энергоносителей. Такая конкретная величина отражала бы потенциальный риск зависимости от импорта, подчеркнула бы общее стремление к долгосрочному развитию низкоуглеродных источников энергии и позволила бы показать, какие внутренние меры служат этой цели.

В феврале 2010 года британское ведомство по контролю за рынком электроэнергии (OFGEM) объявило, что в интересах безопасности энергопоставок и защиты окружающей среды „всё укрепляется согласие относительно необходимости реформирования существующих правил на энергетическом рынке и других финансовых стимулов“⁹⁴. Один из методов, который планирует использовать OFGEM – подробная фиксация необходимых мощностей для всех форм энергии, в том числе для возобновляемых источников и атомной энергии. Тем самым инвесторам должна быть обеспечена долгосрочная уверенность в будущем.

Европейские суды поддержали использование рыночных механизмов для продвижения возобновляемых источников, потому что сочли их попыткой исправить имеющиеся деформации рынка. Рыночные механизмы позволяют также развивать технологии, не затронутые ни щедрым бюджетным финансированием исследований и разработок, ни развитием энергетической инфраструктуры в период, когда она находилась в руках государства. Атомная энергия не входит в их число: она по-прежнему получает львиную долю средств, выделяемых на исследования, ей благоприятствует существующая инфраструктура и она не должна расплачиваться за ущерб, наносимый ею окружающей среде. Тем не менее, как уже упоминалось, в США предполагается вновь начать выделять субсидии атомной энергетике, а в Европе предпринимаются попытки подменить развитие возобновляемых источников некой общей целью „снижения выбросов CO₂“. Такие действия ослабляют политику, направленную на разви-

94. OFGEM: Action Needed To Ensure Britain's Energy Supplies Remain Secure, сообщение для прессы, 4 февраля 2010 г. <http://www.ofgem.gov.uk/Media/PressRel/Documents1/Ofgem%20-%20Discovery%20phase%20IIDraft%20v15.pdf>

тие возобновляемых источников. Ещё важнее то, что они заставляют инвесторов сомневаться в серьёзности намерений государства развивать возобновляемые источники энергии.

В этой главе мы проанализировали вероятные затраты на атомную энергию и на возобновляемые источники. Имеется, однако, и множество других насущных вопросов. Исследование Марка Якобсона⁹⁵, опубликованное в журнале “Energy and Environmental Science” посвящено различным источникам энергии и их потенциальному воздействию на изменения климата, загрязнение воздуха и энергетическую безопасность; вместе с тем оно рассматривает ряд вопросов, касающихся водоснабжения, землепользования, флоры и фауны, доступности ресурсов, вреда окружающей среде, наносимого избыточной теплотой, загрязнением воды, распространением атомного оружия и недоеданием. Исследование профессора Якобсона показывает, что атомная энергия менее эффективна, чем все виды возобновляемых источников, которые используются для выработки энергии на сегодня⁹⁶. Технологии, которые рассматривались: фотовольтаика, солнечная тепловая, ветряная, геотермальная, водная, волновая, приливная, атомная энергия, уголь с улавливанием и хранением CO₂, а также биотопливом на основе зерна и целлюлозы.

Выводы

Атомная энергетика по-прежнему получает значительную поддержку со стороны государства. Как видно на одном из примеров, атомная и ветряная энергетика за первые 15 лет своего развития в США вырабатывали сравнимые объёмы энергии (атом – 2,6 миллиарда, ветер – 1,9 миллиарда киловатт-часов), однако субсидии для атомной энергетики превысили помощь ветряной энергетике в сорок раз. И теперь, когда строится гораздо меньше АЭС и на передний план выходят другие технологии, атомная энергетика получает щедрое государственное финансирование исследований и другие субсидии.

Кроме того, осуществляется и крупномасштабная непрямая под-

95. Mark Jacobson: “Review of solutions to global warming, air pollution and energy security”. Источник: Energy and Environmental Science, 1 декабря 2008 г. <http://www.stanford.edu/group/efmh/jacobson/PDF%20files/ReviewSolGW09.pdf>

96. Влияние политики в области атомной энергии на изменение климата и окружающую среду исследовалось подробнее в статье Феликса Маттеца, см. Felix Chr. Matthes: “Atomenergie und Klimawandel”. Глава 6 в сборнике: Mythos Atomkraft. Ein Wegweiser. Издание фонда им. Генриха Бёлля, Берлин 2005 г. http://www.boell.de/downloads/oekologie/Mythos_Weg_Inh_Buch_bearbeitet_ohne_Fotos_kommentierbar.pdf

держка атомной энергии, поскольку расходы на охрану окружающей среды не включены в цену на электроэнергию. Особенно это относится к государственным гарантиям в отношении захоронения и утилизации радиоактивных отходов⁹⁷. Осуществляется также прямая финансовая поддержка через страхование ответственности третьей стороны, государственные гарантии по займам и экспортным кредитам, через налоговые льготы для производства.

По всему миру срываются сроки и превышаются сметы при строительстве АЭС. В самых крупномасштабных атомных программах, а именно США и Франции, наблюдается превышение изначальных бюджетов в 3-5 раз. Это невозможно объяснить „детскими болезнями“; налицо системные проблемы, проявляющиеся в крупных и сложных проектах, имеющих политический аспект. Свежий опыт в Олкилуото (Финляндия) и Фламанвилле (Франция) показывает, что эти проблемы сохраняются. Рост расходов и задержки строительства АЭС приводят не только к росту необходимых инвестиций, но и к повышению выбросов в окружающую среду.

Очевидно, что атомная энергия с одной стороны и энергосбережение вкупе с возобновляемыми источниками энергии с другой являются взаимоисключающими стратегиями. Это следует из системного подхода, а не только лишь одних новых инвестиций. Это особенно ярко проявляется в странах и регионах, в которых возобновляемые источники энергии дают большую часть электроэнергии, например, в Германии или Испании. Основными причинами этого являются:

Конкуренция за ограниченный капитал. Каждый евро, доллар или юань можно потратить только один раз. Поэтому он должен быть направлен в ту технологию, которая эффективнее и быстрее всего приводит к снижению выбросов. Атомная энергия – не только один из самых дорогих вариантов, но и самый медленный.

Чрезмерные мощности уничтожают все стимулы к энергоэффективности. Ориентация на крупные централизованные энергетические установки приводит, как правило, к избыточности мощностей. А избыточная мощность не обеспечивает стимула к развитию энергоэффективности.

Необходимы гибкие взаимодополняющие мощности. Развитие возобновляемых источников энергии должно дополняться гибкими установками среднего размера, а не неповоротливыми крупными базовыми электростанциями.

97. Более глубокую дискуссию о государственных субсидиях атомной энергии в Германии см. FÖS / Green Budget Germany: Staatliche Förderung der Atomenergie im Zeitraum 1950 bis 2008, Берлин 2009 г. http://www.foes.de/pdf/90903-Subventionen_Atomkraft_Endbericht-3%20li.pdf

Энергетические сети будущего будут работать в оба направления. „Умные счётчики“, „умная бытовая техника“ и „умные сети“ уже появляются. Концепция заключается в полностью обновлённой системе, в которой потребитель обладает также функциями производителя и аккумулятора. Это радикально отличается от централизованного подхода, функционирующего только „сверху вниз“.

Для будущего планирования, особенно в развивающихся странах, решающее значение имеет ясная проработка противоречивых системных свойств тех стратегий, которые базируются на атомной энергии, в сравнении со стратегиями, базирующимися на энергоэффективности и возобновляемых источниках энергии. Многие последствия, обусловленные природой каждой из систем, ещё недостаточно проанализированы или вообще остаются непонятными. Дальнейшие исследования в этой области являются крайне необходимыми.

В настоящее время это особенно важно, потому что ближайшее десятилетие минимум для одного поколения станет решающим в плане перспективности, безопасности и финансовой конкурентоспособности энергетического сектора. Для современной политики актуальны три важных стимула к изменению способа предоставления услуг в энергетической сфере, производству энергоносителей (электроэнергии, водорода и т.д.) и топлива, их транспортировке и применению. Вот эти стимулы:

Растущее осознание необходимости борьбы с угрожающим изменением климата, и понимание того, какую важную роль в этом играет энергетический сектор;

Увеличивающаяся интенсивность глобальной конкуренции за классические источники энергии – при этом растущие потребности не могут быть удовлетворены новыми запасами ресурсов;

Необходимость увеличения объёма инвестиций в энергетический сектор – в странах ОЭСР из-за устаревшей инфраструктуры; в развивающихся странах в результате ускорения урбанизации и растущего спроса на различные энергетические услуги.

“Business as usual” (англ. – продолжать работать по-прежнему) – невозможен, это констатируют Международное энергетическое агентство ОЭСР и другие организации. Возобновляемые источники энергии являются одним из наиболее успешных, если не самым успешным глобальным проектом прошедшего десятилетия. В 2009 году мировые расходы на установки, использующие возобновляемые источники (кроме крупных гидроэлектростанций), вот уже второй год подряд превысили инвестиции в установки на базе ископаемых

видов топлива. В Европе в 2009 году было инвестировано 13 миллиардов евро в ветряную энергетику. Ветряные установки дают 39 процентов от всех вводимых в эксплуатацию мощностей. Вот уже два года подряд в Европе вводится в эксплуатацию ветряной энергии больше, чем любой другой энергетической технологии. Более того, в 2009 году в Европе все возобновляемые источники в совокупности дали 61 процент всех новых подключений к сети. Энергетический сектор ЕС всё дальше удаляется от угля, нефти и атома – по этим направлениям выводится из эксплуатации больше мощностей, чем вводится новых. Разумеется, некоторые страны добились *больших* успехов, чем другие, но в любом случае 73 стран мира объявили развитие этих технологий своей политической целью. Важно также, что лидерами в разработке и внедрении технологий возобновляемых источников стали многие развивающиеся страны. Китай уже стал мировым лидером в солнечной энергетике и в ближайшее время может стать крупнейшим производителем ветряных турбин в мире. Более того, использование возобновляемых источников энергии в Европе утроится в ближайшее десятилетие и существенно возрастет в большинстве стран ОЭСР.

Использование возобновляемых источников показало: они являются ключевой технологией энергетического сектора в деле снижения выбросов парниковых газов. Роль, которую они могут играть в других областях (прежде всего это транспорт, отопление и охлаждение), еще предстоит оценить. Вследствие этого их вклад в энергетический „коктейль“ многих стран пока существенно меньше, чем в производстве электроэнергии (если вынести за скобки традиционные и некоммерческие источники энергии).

Решающий фактор: политика возобновляемых источников не позволит добиться необходимого снижения выбросов без мощных усилий в области энергоэффективности во всех энергетических системах. Энергетический сектор Германии является тому ярким примером. В этой стране потребление росло быстрее, чем осуществлялась декарбонизация киловатт-часов – и в результате была нивелирована большая часть позитивного влияния на окружающую среду очень успешной программы использования возобновляемых источников. Начинать реформы следует с выработки разумных концепций долгосрочных инвестиций в инфраструктуру, особенно в городское планирование, в проектирование зданий, а также в планы по использованию территорий. Мы не можем позволить себе продолжать увеличивать потребность в транспорте – то есть строить офисы и

торговые центры в местах, удалённых от жилья. Мы не имеем права транжирить время и ресурсы, инвестируя в энергетически несовершенные здания, чтобы в дальнейшем „может быть“ их перестраивать.

Чтобы сделать энергоэффективность и возобновляемые источники привлекательными для частного финансового хозяйства, нужно добиться доверия, устойчивости и эффективности политических мер. Необходимо на длительную перспективу обеспечить доходность вложений в возобновляемые источники ⁹⁸. В идеале политическое руководство должно выяснить потенциальные возможности всех возобновляемых источников и определить шансы этих технологий на рынке, чтобы предоставить им адекватную, но не чрезмерную поддержку. Относительно небольшой вклад возобновляемых источников (кроме гидроэнергетики) в сегодняшнее мировое энергоснабжение показывает, что имеется и потенциальный рынок, и простор для краткосрочных и долгосрочных инвестиций. Именно поэтому должны быть даны ясные сигналы, которые говорили бы о готовности правительств оказывать поддержку этому энергетическому сектору в долгосрочной перспективе. Если же будут поступать неопределённые сигналы с предложениями, в которых планы развития возобновляемых источников разбавляются планами развития других низкоуглеродных технологий, то они породят неуверенность и, несомненно, затормозят инвестиции.

98. См. Kirsty Hamilton: Unlocking Finance for Clean Energy: The Need for “Investment Grade” Policy, Chatham House, декабрь 2009 г. http://www.chathamhouse.org.uk/files/15510_bp1209cleanenergy.pdf



Экономические аспекты атомной энергии

Стив Томас



Введение

Необходимость снижать выбросы парниковых газов, особенно актуальная при выработке электроэнергии, пробудила интерес к строительству новых атомных электростанций. Эти электростанции призваны сначала заменить существующие амортизированные реакторы, а затем покрыть растущие потребности в электроэнергии и, в конце концов, заместить некоторые электростанции, работающие на ископаемом топливе. Кроме того, они строились бы для новых рынков сбыта, на которых до сих пор не использовалась атомная энергия. Сторонники такого подхода надеются, что атомная энергия в перспективе покроет ту часть потребностей в энергии, которая сейчас покрывается с помощью ископаемого топлива. Например, атомные электростанции смогут вырабатывать водород, который заменит в автомобилях углеродное топливо.

Неудивительно, что в обществе царит неясность относительно того, возможна ли экономичная выработка электроэнергии с помощью атомной энергии. Предполагаемые затраты на новые АЭС резко подскочили – только строительные затраты выросли за последнее десятилетие в пять раз – и можно с уверенностью утверждать, что расходы будут расти и в дальнейшем, поскольку уже есть проекты новых станций. В последние годы правительства США, Великобритании, Германии и Италии всё активнее проводили политику, предусматривающую продление сроков эксплуатации существующих АЭС, а также раздавали подряды на строительство новых АЭС на том основании, что атомная энергия – якобы наиболее эффективное из имеющихся средств борьбы с изменениями климата. Компании хотели бы как можно дольше эксплуатировать свои электростанции. Они поддерживали создание новых АЭС, но затягивают с началом строительства до получения гарантий по кредитам, по сбыту и по государственным субсидиям. Это противоречие отчасти легко объясняется разницей между эксплуатационными затратами и общими затратами. Текущие расходы на саму атомную энергию, как правило, относительно малы, а вот суммарные расходы, включая строительство, – существенно выше. Когда АЭС уже построена, то с экономической точки зрения целесообразно продолжать её эксплуатацию, независимо от того, что расходы на её строительство были выше, чем у альтернативных вариантов. Затраты на строительство электростанции являются „необратимыми“ затратами. Они произведены в прошлом, их уже не вернуть. В то же время предельные издержки, возникающие при производстве каждого дополнительного киловатт-часа, незначительны.

Данная статья призвана показать, какие экономические параметры определяют цену электроэнергии, вырабатываемой на основе атомной энергии, и критически проанализировать все существенные факторы. Мы покажем, что строительство новых АЭС не ведётся в том случае, когда нет субсидий и гарантий по кредитам со стороны потребителей и налогоплательщиков.

1. Мировой рынок атомной энергии: существующие проекты и перспективы

В последнее десятилетие всё чаще говорили о некоем „ренессансе атомной энергетики“. У таких разговоров было две причины. Звучали утверждения, будто бы электростанции нового поколения (поколение III+) дешевле и проще в плане строительства, что они безопаснее и производят меньше отходов (описание этого типа реакторов см. в приложении 1). Предполагалось, что АЭС такого типа будут строиться не только во Франции, Индии и Южной Корее – в странах, в которых и ранее интенсивно велось строительство АЭС, но и в США, Великобритании, Италии и Германии – в странах, казалось бы, отказавшихся от использования атомной энергии. По некоторым причинам атомная индустрия особенно большие надежды возлагает на США и Великобританию:

В Великобритании и в США уже запланировано строительство АЭС поколения III+; в данной сфере эти страны продвинулись гораздо дальше других в Европе и Северной Америке (за исключением Франции и Финляндии).

Поскольку Великобритания и США считаются пионерами атомной энергетики, новые проекты в этих странах повысили бы престиж отрасли во всём мире.

Хозяйственные результаты использования атомной энергии в Великобритании и США были столь плачевны, что ещё десять лет назад появление новых проектов казалось немыслимым; поэтому успех на этих рынках кажется особенным достижением.

Из списка запроектированных электростанций (см. таблицы 2, 3 и 4) следует, что при всех разговорах о ренессансе атомной энергетики этот ренессанс очень ограничен географически. В январе 2010 года в мире строилось всего 55 АЭС общей мощностью в 51 гигаватт, а эксплуатировалось 443 АЭС мощностью 375 гигаватт (таблица 1). Из 32 станций, строительство которых началось после 2005 года, все, кроме двух станций во Франции и Японии, находятся в Китае (20), Южной Корее (6) и России (4) (таблица 3). Из них только пять реак-

торов строятся иностранными предприятиями. Активные в Европе фирмы „Вестингхаус“ (Westinghouse) и „Арева НП“ (Areva NP) получили только два заказа за пределами Китая: „Арева НП“ строит станции в Олкилуото (Финляндия) и в Фламанвилле (Франция). Эти семь проектов, а также четыре АЭС, которые Объединённые Арабские Эмираты заказали у Южной Кореи в декабре 2009 года – вот и весь список станций поколения III/III+.

Если бы не Китай, то перечень заказов на строительство новых АЭС был бы гораздо короче. Электростанции в Китае строятся, как правило, китайскими предприятиями. Китайские установки базируются на французской модели, которую Китай заказал в 1980 году для АЭС в Дайя Бэй. Пока неясно, хватит ли Китаю рабочей силы и финансовых средств, чтобы финансировать свои стройки в том же объёме, как это было в 2008 и 2009 годах; на протяжении этих двух лет началось строительство 15 новых реакторов. Так как Китаю приходится экономно пользоваться своими ограниченными финансовыми резервами, вполне возможно, что в дальнейшем он закажет строительство нескольких АЭС на международном рынке (разумеется, гораздо меньше, чем планируют китайское правительство и атомная промышленность), одновременно наращивая собственные мощности. Те типы реакторов, которые использует Китай, слишком устарели, чтобы представлять интерес для Запада.

Россия, как и Китай, строит честолюбивые планы развития атомной энергетики. В 2008 году предполагалось к 2025 году начать строительство 26 новых ядерных реакторов (примерно 30 гигаватт), однако уже в 2009 году эту цель отодвинули на 2030 год ¹. Четыре реактора, заложенные в 1980-х, имеют статус „строящихся“ или „практически готовых“ – но этот статус не меняется уже минимум десять лет (см. таблицу 3). Если бы действительно имелась срочная потребность в выработке энергии на АЭС и наличествовали финансовые средства, то эти реакторы давно были бы достроены. Из России довольно трудно получить достоверную информацию о состоянии строек; возможно, что строительство остановлено. Особые сомнения вызывает строительство реактора „Курск-5“, относящегося к т.н. „чернобыльскому“ типу. Запуск этой электростанции вызвал бы громкие протесты.

1. Nucleonics Week: “Russia Stretches Out Schedule for New Reactor Construction”, 26 марта 2009 г.

Таблица 1: мощности строящихся и эксплуатирующихся АЭС

	В эксплуатации: мощность в мегаваттах (число реакторов)	На стадии строительства: мощность в мегаваттах (число реакторов)	% доля атомной энергии (2008)	Технологии*	Строитель
Аргентина	935 (2)	692 (1)	6	HWR	Siemens, AECL
Армения	376 (1)	-	39	ВВЭР	Россия
Бельгия	5863 (7)	-	54	PWR	Framatome
Бразилия	1766 (2)	-	3	PWR	Westinghouse, Siemens
Болгария	1966 (2)	1906 (2)	33	ВВЭР	Россия
Китай	8438 (11)	19920 (20)	2	PWR, HWR, ВВЭР	Framatome, AECL, Китай, Россия
Германия	20470 (17)	-	28	PWR, BWR	Siemens
Финляндия	2696 (4)	1600 (1)	30	ВВЭР, BWR, PWR	Россия, Asea, Westinghouse
Франция	63260 (59)	1700 (1)	76	PWR	Framatome
Великобритания	10097 (19)	-	13	GCR, PWR	VK, Westinghouse
Индия	3984 (18)	2708 (5)	2	HWR, FBR, ВВЭР	AECL, Индия, Россия
Иран	-	915 (1)		ВВЭР	Россия
Япония	46823 (53)	1325 (1)	25	BWR, PWR	Hitachi, Toshiba, Mitsubishi
Канада	12577 (18)	-	15	HWR	AECL
Мексика	1300 (2)	-	4	BWR	GE
Нидерланды	482 (1)	-	4	PWR	Siemens
Пакистан	425 (2)	300 (1)	2	HWR, PWR	Канада, Китай
Румыния	1300 (2)		18	HWR	AECL
Россия	21743 (31)	6894 (9)	17	ВВЭР, РБМК	Россия
Швеция	8958 (10)	-	42	PWR, BWR	Westinghouse, Asea

Швейцария	3238 (5)	-	39	PWR, BWR	Westinghouse, GE, Siemens
Словакия	1711 (4)	810 (2)	56	ВВЭР	Россия
Словения	666 (1)	-	42	PWR	Westinghouse
Испания	7450 (8)	-	18	PWR, BWR	Westinghouse, GE, Siemens
ЮАР	1800 (2)	-	5	PWR	Framatome
Южная Корея	17647	6520 (6)	36	PWR, HWR	Westinghouse, AECL, Ю. Корея
Тайвань	4949 (6)	2600 (2)	20	PWR, BWR	GE, Framatome
Чехия	3678 (6)	-	32	ВВЭР	Россия
Украина	13107 (15)	1900 (2)	47	ВВЭР	Россия
Венгрия	1755 (4)	-	37	ВВЭР	Россия
США	100683 (104)	1165 (1)	20	PWR, BWR	Westinghouse, B&W, CE, GE
В мире	375136 (443)	50955 (55)			

Источник: IAEA, <http://www.iaea.or.at/programmes/a2/>

* Информация о различных технологиях – см. глоссарий и приложение 1

Индия в 60-е и 70-е годы заказала западным предприятиям строительство лишь нескольких АЭС. После того, как в 1975 году в ходе испытаний ядерного оружия были использованы материалы из канадского исследовательского реактора, все контакты с западными поставщиками были прерваны. Индия продолжила строить АЭС канадского типа 60-х годов. Такие реакторы не отличаются высокой надёжностью, а их строительство длится зачастую гораздо дольше запланированного. Поэтому к указанным в таблице 2 срокам строительства следует относиться осторожно. В 1998 году, после дальнейших ядерных испытаний в Индии, США также прекратили сотрудничество с этой страной, но в 2005 году заключили договор о сотрудничестве в области технологий гражданского использования атомной энергии. И Канада в 2005 году возобновила поставки ядерного топлива в Индию. С тех пор и российский „Росатом“ (до четырёх блоков типа ВВЭР-1200), и „Вестингхаус“ (до восьми установок AP-1000), и „Арева“ (до шести ERP), и „GE-Хитачи“ (до восьми ABWR) заявляли о договорённостях с Индией относительно сооружения АЭС. Но ни одна из этих договорённостей не была зафиксирована в настоящем договоре о строительстве. Индийская атомная промышленность собирается строить АЭС разных типов, в том числе быстрые реакторы, реакторы на тяжёлой воде и на тории. Индийское

правительство поставило цель до 2032 года ввести в эксплуатацию новых атомных мощностей на 63 тысяч мегаватт. Но если взглянуть на нынешнее положение дел, то даже приближение к этой цели покажется крайне маловероятным.

Таблица 2: атомные электростанции в мире, строительство которых началось после 1999 года и продолжается до сих пор

Страна	Название	Тип реактора	Строитель	Мощность (МВт)	Начало строительства	Степень готовности %	Запланированный пуск
Китай	Fangjiashan 1	PWR	Китай	1000	2008	0	-
Китай	Fangjiashan 2	PWR	Китай	1000	2009	0	-
Китай	Fuqing 1	PWR	Китай	1000	2008	0	-
Китай	Fuqing 2	PWR	Китай	1000	2009	0	-
Китай	Haiyang 1	PWR	Китай	1000	2009	0	-
Китай	Hongyanhe 1	PWR	Китай	1000	2007	20	-
Китай	Hongyanhe 2	PWR	Китай	1000	2008	0	-
Китай	Hongyanhe 3	PWR	Китай	1000	2009	0	-
Китай	Hongyanhe 4	PWR	Китай	1000	2009	0	-
Китай	Lingao 3	PWR	Китай	1000	2005	60	2010
Китай	Lingao 4	PWR	Китай	1000	2006	50	2010
Китай	Ningde 1	PWR	Китай	1000	2008	10	-
Китай	Ningde 2	PWR	Китай	1000	2008	5	-
Китай	Ningde 3	PWR	Китай	1000	2010	5	-
Китай	Qinshan 2-3	PWR	Китай	610	2006	50	2010
Китай	Qinshan 2-4	PWR	Китай	610	2007	50	2011
Китай	Sanmen 1	PWR	Westinghouse	1000	2009	10	-
Китай	Sanmen 2	PWR	Westinghouse	1000	2009	10	-
Китай	Taishan 1	PWR	Areva	1700	2009	0	-
Китай	Yangjiang 1	PWR	Westinghouse	1000	2009	10	-
Китай	Yangjiang 2	PWR	Westinghouse	1000	2009	0	-
Тайвань	Lungmen 1	ABWR	GE	1300	1999	57	2011

Тайвань	Lungmen 2	ABWR	GE	1300	1999	57	2012
Финляндия	Олкилуото 3	EPR	Areva	1600	2005	40	2012
Франция	Фламанвиль 3	EPR	Areva	1700	2007	25	2012
Индия	Кайга 4	CANDU	Индия	202	2002	97	2010
Индия	Куданкулам 1	ВВЭР	Россия	917	2002	90	2011
Индия	Куданкулам 2	ВВЭР	Россия	917	2002	79	2011
Индия	PFBR	FBR	Индия	470	2005	37	-
Индия	Раджастан 6	CANDU	Индия	202	2003	92	2010
Япония	Симане 3	BWR	Тосиба	1325	2007	57	2011
Южная Корея	Shin Kori 1	PWR	Южная Корея	960	2006	77	2010
Южная Корея	Shin Kori 2	PWR	Южная Корея	960	2007	77	2011
Южная Корея	Shin Kori 3	PWR	Южная Корея	1340	2008	29	2013
Южная Корея	Shin Kori 4	PWR	Южная Корея	1340	2009	29	2014
Южная Корея	Shin Wolsong 1	PWR	Южная Корея	960	2007	49	2011
Южная Корея	Shin Wolsong 2	PWR	Южная Корея	960	2008	49	2012
Пакистан	Чашма 2	PWR	Китай	300	2005	25	2011
Россия	Белоярская 4	FBR	Россия	750	2006	12	-
Россия	Ленинградская 2-1	ВВЭР	Россия	1085	2008	0	-
Россия	Нововоронежская 2-1	ВВЭР	Россия	1085	2008	5	-
Россия	Нововоронежская 2-2	ВВЭР	Россия	1085	2009	0	-
всего				40778			

Источники: база данных PRIS, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>, Nuclear News, world list of nuclear plants

Примечание: указаны только установки с плановой мощностью более 100 мегаватт. Данные о стадии строительства взяты из Nuclear News, март 2009.

Южная Корея на протяжении последних 20 лет строила всё новые и новые АЭС – только за последние четыре года пять АЭС. Южная Корея получает 36 процентов электроэнергии с атомных электростанций (см. таблицу 1). Эта доля может вырасти до 50 процентов, если начнут работу шести строящихся станций. При этом не ожидается продолжения активного строительства АЭС. Возможно, это

связано с решением сделать ставку на экспорт. Как известно, Южная Корея сделала Объединённым Арабским Эмиратам выгодное предложение и получила заказ на строительство четырёх АЭС.

Япония также всегда заявляла о намерении существенно нарастить свои атомные мощности. Однако в настоящее время это не отражено в подрядах на строительство АЭС. Японские компании производят оборудование по лицензиям „Вестингхаус“ и GE. Получение разрешения на строительство АЭС в Японии может длиться до 20 лет. Но если стройка начинается, то строительство ведётся, как правило, быстро (в большинстве случаев не дольше четырёх лет) и по плану. В результате ряда аварий на японских АЭС, в ходе которых ответственные лица действовали зачастую недостаточно эффективно, общественность всё более критически относится к атомной энергетике. Поэтому будет нелегко найти новые места для строительства АЭС. На начало 2010 года велось строительство лишь одной АЭС (см. таблицу 2); вероятно, в будущем Япония едва ли построит много атомных электростанций.

Как показано в таблице 3, существуют 17 реакторов, строительство которых началось до 1990 года и не завершено до сих пор. Эти реакторы могут когда-то заработать; однако не на всех из них продолжается строительство. Данные о степени готовности этих установок могут иногда ввести в заблуждение. Когда говорится, что станция построена меньше чем на треть, то это может означать, что была подготовлена площадка, а сам реактор строить так и не начали. Сроки строительства АЭС на Тайване, сооружение которых началось в 1996 году и должно было завершиться в 2004-ом, были сдвинуты на восемь лет. Особый интерес представляет реактор Уоттс-Бар в Теннесси. Этот реактор, как и его двойник, начали строить в 1973 году, однако сроки постоянно сдвигались. Когда в 1996 году был, наконец, готов первый блок, расходы на его строительство составили шесть миллиардов долларов². В 1985 году были практически остановлены работы на втором блоке, который был, согласно сообщениям, готов на 90 процентов³. В 2007 году работы на втором блоке возобновились. На тот момент рассчитывали, что станция будет построена к 2013 году и обойдётся в 2,5 миллиарда долларов.

2. Chattanooga Times: “Tennessee: Estimates Rise Nuclear Plant”, часть A1, 12 декабря 2008 г.
3. <http://www.tva.gov/environment/reports/wattsbar2/seis.pdf>

Таблица 3: Атомные электростанции, строительство которых началось до 1990 года

Страна	Месторасположение	Технология	Строитель	Мощность (МВт) нетто	Начало строительства	Степень готовности (%)	Запланированный пуск
Аргентина	Атуча 2	HWR	Siemens	692	1981	87	2010
Бразилия	Ангра 3*	PWR	Siemens	1275	1976	10	
Болгария	Белене 1*	ВВЭР	Россия	953	1987	0	
Болгария	Белене 2*	ВВЭР	Россия	953	1987	0	
Иран	Бушер	ВВЭР	Россия	915	1975	99	2010
Румыния	Чернавода 3*	CANDU	AECL	655	1983	23	
Румыния	Чернавода 4*	CANDU	AECL	655	1983	12	
Румыния	Чернавода 5*	CANDU	AECL	655	1983	8	
Россия	Балаковская 5*	ВВЭР	Россия	950	1986	высокая	
Россия	Калининская 4	ВВЭР	Россия	950	1986	высокая	
Россия	Курская 5	РБМК	Россия	925	1985	высокая	
Россия	Волгодонская 2	ВВЭР	Россия	950	1983	высокая	2010
Словакия	Моховце 3	ВВЭР	Россия	405	1983	40	
Словакия	Моховце 4	ВВЭР	Россия	405	1983	30	
Украина	Хмельницкая 3	ВВЭР	Россия	950	1986	30	2015
Украина	Хмельницкая 3	ВВЭР	Россия	950	1987	15	2016
США	Уоттс Бар 2	PWR	Westinghouse	1165	1972	70	2012
всего				14403			

Источники: база данных PRIS, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>, Nuclear News, world list of nuclear plants

** Примечание: строительство реакторов, помеченных звёздочкой, остановлено.*

Таблица 4: Атомные электростанции, на которые были размещены заказы, но строительство так и не началось до 1 января 2010 года

Страна	Месторасположение	Технология	Застройщик	Мощность (МВт) нетто	Год выдачи подряда
Китай	Тайшань 2	EPR	Areva	1700	2008
ОАЭ	Неизвестно	AP-1400	Ю. Корея	4x1400	2009

Источник: сообщения в прессе

Ведомство “Tennessee Valley Authority”, которому принадлежит АЭС Уоттс-Бар, в 2009 году приступило к изучению вопроса о том, возможно ли возобновить строительство двух других принадлежащих им реакторов в Бельфонте (Алабама). Строительство там началось в 1974 году, всего было запланировано два реакторных блока. Когда в середине 80-х годов работы были остановлены⁴, готовность первого блока оценивалась как более 90 процентов, а второго – около 60 процентов. Завершение строительства таких реакторов, как в Бельфонте и в Уоттс Баре, вызывает особенно много вопросов, поскольку они были спроектированы около 40 лет назад и сегодня наверняка не получили бы разрешение на строительство из-за требований безопасности.

2. Основы ядерной экономики

Расходы на производство электроэнергии на АЭС зависят от многих факторов (см. таблицу 5). Некоторые из них очевидны, другие – в меньшей степени. По расчётам французского атомного концерна „Арева НП”⁵ расходы на один киловатт-час „атомной” электроэнергии складываются на 70 процентов из фиксированных строительных расходов, на 20 процентов – из фиксированных эксплуатационных расходов и на 10 процентов – из нефиксированных эксплуатационных расходов. К фиксированным строительным расходам относятся, прежде всего, проценты по кредитам и погашение капитала, а также расходы на вывод из эксплуатации. Кроме того, издержки на один киловатт-час зависят от стабильности работы АЭС. Чем надёжнее она работает, тем больше её выработка и тем выше прибыль, покрывающая фиксированные расходы. К текущим расходам относятся издержки на эксплуатацию, техобслуживание и ремонт. Расходы на топливные элементы особой роли не играют.

Таблица 5: Распределение производственных издержек в атомной энергетике (по данным „Арева НП”)

Доля в процентах	Описание
70	Фиксированные строительные расходы: проценты по кредитам / погашение капитала
20	Фиксированные эксплуатационные расходы (издержки/кВт-ч): зависят от надёжности АЭС (например, что касается уровня нагрузки)

4. <http://web.knoxnews.com/pdf/082708bellefonte-reinstatement.pdf>

5. http://www.areva.com/servlet/BlobProvider?blobcol=urluploadedfile&blobheader=application%252Fpdf&blobkey=id&blobtable=Downloads&blobwhere=1246874807296&filename=Overview_June_2009%252C0.pdf

10	Переменные эксплуатационные расходы: на эксплуатацию, техобслуживание, ремонт, топливо
не учитываются	Вывод из эксплуатации, обращение с радиоактивными отходами и их утилизация; риск тяжёлой ядерной аварии, угрозы людям и окружающей среде

Прежде чем рассматривать эти издержки детально, следует отметить, что компании и общество в целом преследуют совершенно разные цели. Значительные расходы, которые, может быть, придётся понести в далёком будущем, почти не играют роли при принятии коммерческих решений (см. приложение 3). Поэтому компании мало внимания уделяют затратам на утилизацию и вывод из эксплуатации, относительно стоимости которых в данный момент имеются только расплывчатые оценки. Но по соображениям морали мы не имеем права оставлять будущим поколениям опасное и требующее огромных затрат наследство, с которым мы сами пока не можем совладать и опасности которого не можем устранить. Риск катастрофы также не играет никакой роли при принятии хозяйственных решений. Безопасность компаний обеспечивается международными договорами – риск переложен на налогоплательщиков.

2.1 Строительные расходы и сроки строительства

Обычно обсуждаются именно строительные расходы, хотя другие факторы (стоимость капитала, надёжность АЭС) имеют не меньшее значение для стоимости одного киловатт-часа электроэнергии. Обычно поставщики электроэнергии дают для сравнения так называемую цену “overnight”. Она включает в себя, помимо стоимости АЭС, расходы на первую партию топливных элементов, но в них не входят проценты по займам в течение строительства. Для сравнения реакторов различной мощности часто дают затраты на киловатт установленной мощности. То есть для электростанции, которая стоит 2400 миллионов долларов и имеет расчётную мощность 1200 МВт, затраты на один киловатт составят 2000 долларов. Существует целый ряд факторов, из-за которых прогнозы строительных издержек остаются столь спорными.

2.1.1 Ненадёжные данные

Ко многим оценкам строительных расходов следует относиться критически. Издержки, имевшие место в прошлом, являются наилучшим индикатором того, какими окажутся издержки в будущем ⁶.

6. Из-за завышенных ожиданий от эффектов обучения, масштаба и инноваций, которые затем не сказались на разmere расходов, прогнозы до сих пор всегда оказывались слишком оптимистичными.

Большинство поставщиков электроэнергии не обязаны публиковать достоверные сведения о строительных издержках, и совершенно не заинтересованы в том, чтобы выставлять свою деятельность в невыгодном свете. В США энергетические компании всё же обязаны представлять контрольным органам подробные расчёты расходов на строительство АЭС; только после надлежащей проверки этих расходов контрольное ведомство разрешает переложить их на потребителей – поэтому данным об издержках в США можно доверять. Также были довольно хорошо просчитаны затраты на АЭС Сайзуэл В (Великобритания), потому что в бюджете почти не было статей, в которых можно было бы „спрятать“ часть расходов на строительство.

Второй по значимости источник – цены, указываемые при проведении конкурса. Истинные затраты на АЭС обычно выше, и намного, чем цена, указанная в договоре, однако компаниям нужно хотя бы как-то подсчитать общую цифру, чтобы назвать её в договоре. Если в планах действительно строительство станции „под ключ“ и достигнута договорённость относительно её цены, т.е. клиент платит указанную в договоре цену независимо от величины реальных расходов, то строящая компания заинтересована в максимально точном определении этой цены.

Атомные электростанции только тогда строятся „под ключ“, когда подрядчик полностью уверен в величине общих расходов на строительство. Газовые электростанции последнего поколения тоже часто продаются на таких условиях. Парогазовые установки часто строят на предприятиях, находящихся под контролем подрядчика. Работы на месте возведения станции не играют особой роли. В середине 60-х годов четыре крупнейших компании американской атомной промышленности продали 12 электростанций „под ключ“, понеся при этом огромные убытки, поскольку расходы вышли из-под контроля. С тех пор ни одна компания не рисковала возводить АЭС полностью „под ключ“. Отдельные компоненты станции вполне возможно продавать на таких условиях, а когда нам сообщают о цене строительства „под ключ“ целой электростанции, то к таким сообщениям следует относиться чрезвычайно скептически. Часто говорят о том, что АЭС в Олкилуото строится „под ключ“, и „Арева“ осуществляет руководство строительством. Однако мы покажем, что уже имел место конфликт между „Арева“ и заказчиком, предприятием „Teollisuuden Voima Oy“ (TVO), относительно договора и, в частности, на тему, какая из сторон несёт ответственность за перерасход средств. Нужно также упомянуть о том, что некоторые подрядчики довольно расплывчато используют выражение „под ключ“. Иногда при этом име-

ется в виду лишь то, что договор заключён на строительство всей электростанции полностью.

Когда подрядчик указывает ориентировочные цены, их необходимо рассматривать критически. Как признала компания „GE-Хитачи“, подрядчики не всегда точны в определении цен, а слишком оптимистичные ценовые ожидания оказались контрпродуктивными. Вот слова Джека Фаллера, менеджера „GE-Хитачи“: „Если строительство реактора обходится намного дороже, чем это было запланировано, это подрывает доверие общественности к нашей отрасли“⁷.

К ценовым прогнозам таких объединений, как Всемирная ядерная ассоциация (World Nuclear Assotiation), которые сами заинтересованы в данной технологии, но не могут влиять на цены, тоже следует относиться с настороженностью. Скептически нужно воспринимать и те цены, которые называют международные структуры вроде Агентства по атомной энергии (Nuclear Energy Agency), особенно если они базируются не на реальных затратах, а на ориентировочных ценах. В большинстве случаев за перерасход расплачиваются правительства, у которых, вероятно, имеются свои причины для позитивного отношения к атомной энергии и которые не располагают цифрами, основанными на опыте.

Ошибки в оценке строительных издержек происходят с удивительной регулярностью. Расходы зачастую недооцениваются, причём в отличие от большинства технологий, у которых эффект обучения и масштаба приводит к удешевлению новых установок, реальные издержки на строительство АЭС не только никогда не снижались, а даже росли. Кроме того, существуют неизбежные различия между странами из-за разницы в оплате труда, в стоимости стали и бетона.

2.1.2 Трудности прогнозирования

Целый ряд факторов затрудняет определение строительных издержек. Во-первых, всем типам АЭС, которые сейчас предлагаются на рынке, требуется проведение большого объёма работ на месте возведения станции. Эти работы могут составлять до 60 процентов от всех строительных издержек. Главные элементы технического оснащения, например, генераторы турбин, парогенераторы и корпус реактора, составляют лишь небольшую часть общих издержек⁸. Когда при

7. Nucleonics Week, „GEH: Cost Estimates Did Industry a “Diservice”“, 17 сентября 2009 г.

8. Из-за проблем с контролем над расходами Всемирный банк не предоставляет кредитов на проекты в области атомной энергии. См.: Environmental Assessment Sourcebook: Guidelines for Environmental Assessment of Energy and Industry Projects, Band III, World Bank Technical Paper 154, 1991 г.

реализации крупных проектов многие работы нужно производить на месте, довольно тяжело сохранять контроль над расходами. Например, в Великобритании затраты на строительство Евротоннеля и защитных сооружений от наводнений на Темзе оказались значительно более высокими, чем ожидалось. Предполагается, что некоторые типы реакторов IV поколения будут монтироваться на предприятиях-изготовителях, что делает затраты гораздо более предсказуемыми.

Во-вторых, имеются такие специфические местные факторы, как вода для охлаждения реакторов. По словам менеджера „GE-Хитачи“ Джека Фаллера, трудность таких (типичных) оценок заключалась в том, что никто не объяснял, „что означают цифры (...). Включают ли они в себя топливо? Работает АЭС на солёной или на пресной воде?“ Данни Родерик, руководитель проектов развития АЭС в компании „GE-Хитачи“ (GEH), однажды признал: „Наш опыт в GEH показал, что затраты на АЭС могут различаться на миллиард долларов в зависимости от того, охлаждается АЭС с помощью солёной или пресной воды“⁹.

В-третьих, издержки возрастают, когда приходится задним числом изменять тип реактора, например, если изначальный проект оказывается неудовлетворительным, или надзорные органы требуют произвести изменения, или когда проект не был полностью готов на момент начала строительства. Чтобы избежать возникновения таких проблем, застройщики стараются ещё до начала строительства получить все государственные согласования, разрешения на строительство и эксплуатацию. Кроме того, они требуют, чтобы проекты тщательно прорабатывались ещё до начала строительства. На практике же подрядчики часто лишь говорят о том, что их проекты полностью готовы – как в случае с АЭС Олкилуото в Финляндии. В 2009 году, после четырёх лет строительства, выяснилось, что проект был очень далёк от совершенства. Риск того, что проект потребует доработки, нельзя полностью исключить, особенно при строительстве реакторов нового поколения. В ходе строительства могут появляться неожиданные проблемы, кроме того, надзорные органы могут выразить несогласие с какими-то частями проекта. Например, при строительстве АЭС в Олкилуото в 2009 году надзорные органы выразили серьёзные сомнения в правильности устройства контрольно-измерительных систем. Государственное ведомство потребовало произвести значительные изменения в проекте АЭС.

Опыт эксплуатации реакторов показывает, что иногда требуется вносить изменения в проект после начала строительства. Так, на-

9. Nucleonics Week: “GEH: Cost Estimates”.

пример, крупная авария на одной из АЭС приводит к необходимости проверки всех строящихся (и, разумеется, эксплуатирующихся) электростанций. И невозможно игнорировать выводы, сделанные на основе изучения аварии, только потому, что для данного типа реактора имеются все необходимые разрешения.

2.1.3 Эффект обучения и масштаба

В большинстве других технологий принято считать, что новые поколения установок становятся дешевле и лучше по сравнению со своими предшественниками из-за эффекта обучения и масштаба, а также благодаря общему технологическому прогрессу. Можно спорить о том, произошли ли с течением времени улучшения в атомных технологиях, но дешевле они точно не стали. Причин этому много, кроме того, они как следует не изучены. В этой связи часто ссылаются на неверную оценку расходов при строительстве первых реакторов, а также на ужесточение государственных требований (как ни странно, вместо ужесточения государственных стандартов произошло ужесточение требований по мерам, необходимым для выполнения этих стандартов).

Из-за неблагоприятной ситуации с заказами на строительство реакторов нового поколения, прежде всего на те, для которых расходы чётко распределены, сложно сказать, зафиксировались ли затраты на каком-то определённом уровне, не говоря уже об их снижении. Эффект от обучения, или, иными словами, повышение эффективности благодаря повторению, и эффект от увеличения масштабов влияют друг на друга. В 1970-е годы производители реакторов получали ежегодно до десяти заказов. Это позволяло им создавать эффективные производственные линии для изготовления важнейших узлов, формировать коллективы квалифицированных конструкторов и инженеров. Сложно судить, в какой степени удалось снизить затраты благодаря увеличению объёмов производства. Если судить по докладу Агентства по атомной энергии от 2000 года, предположение о преимуществах массового производства в данном случае не оправдывается. В докладе говорится¹⁰:

Если заключить договор на строительство двух АЭС с разницей по срокам строительства минимум 12 месяцев, то вторая станция обойдётся примерно на 15 процентов дешевле. Если вторая установка имеет идентичный реактор, то он обойдётся примерно на 20 процентов дешевле. При дальнейших заказах реакторов того же типа затраты существенно снизить не удаётся. Преимущества от строительства более чем двух установок одного типа так незначительны, что ими можно пренебречь.

10. Nuclear Energy Agency: Reduction of Capital Costs of Nuclear Power Plants, Париж, 2000 г., стр. 90.

Когда британское правительственное ведомство Performance and Innovation Unit (PIU) в 2002 году проводило проверку атомной промышленности, компания British Energy, владеющая восемью АЭС в Великобритании, и государственное предприятие BNFL (British Nuclear Fuels) представили подсчёт расходов, основанный на „значительном эффекте от обучения и масштаба в рамках стандартизированной программы“. PIU скептически отнеслось к величине предполагаемого эффекта от обучения; ведомство признало возможность такого эффекта, но лишь в незначительной степени:

Для атомных электростанций эффект обучения сказывается с запозданием, и он не такой сильный, как для установок, использующих возобновляемые источники энергии, потому что¹¹:

опыт эксплуатации АЭС накапливается медленнее из-за длительности общего периода работ до ввода АЭС в эксплуатацию;

некоторым типам реакторов требуются новые согласования, и это замедляет процесс внесения изменений в существующие модели;

возможности для экономии от массового производства отдельных компонентов для АЭС невелики, много меньше, чем у установок на возобновляемых источниках, которые производятся сотнями и даже тысячами.

Крупнейшие фирмы, возводящие АЭС, за последние 20 лет получили совсем немного заказов. Они закрыли собственные производственные комплексы и уволили много опытных специалистов. Фирма „Вестингхаус“ за последние 25 лет получила лишь один заказ, прежде чем Китай заказал в 2008 году строительство четырёх новых АЭС. Даже для французского предприятия „Арева“ заказ из Финляндии стал первым за 15 лет. При получении новых заказов подрядчикам часто приходится заказывать крупные узлы у специализированных предприятий, поскольку речь идёт о штучном производстве, и затраты в таких странах, как Япония (а в будущем и Китай), могут заметно вырасти¹². Уже очевидно, что не осталось специализированных производств для такого рода продукции. Например, на конец 2009 года в мире оставалась лишь одна компания (Japan Steel Works), способная изготавливать крупные компоненты реакторов.

Обостряется также нехватка квалифицированных специалистов. В докладе для немецкого министерства окружающей среды говорится¹³:

11. Performance and Innovation Unit: The Energy Review, Cabinet Office, Лондон 2002 г., стр. 195 <http://www.strategy.gov.uk/downloads/su/energy/TheEnergyReview.pdf>

12. Например, если бы последовал заказ на строительство реактора EPR во Фламандии, то корпус реактора для него делали бы, вероятно, в Японии.

13. M. Schneider, S. Thomas, A. Froggatt, D. Koplow: Welt-Statusreport Atomindustrie 2009, по заказу федерального министерства окружающей среды, охраны природы и безопасности реакторов (2009). www.bmu.de/files/pdfs/.../welt_statusbericht_atomindustrie_0908_de_bf.pdf

Проблема нехватки квалифицированного персонала признана во всём мире. Имели место многочисленные национальные и международные инициативы, призванные остановить эту тенденцию, но количество квалифицированных кадров во всех областях атомной техники не соответствует минимальным требованиям. Число выпускников университетов и технических ВУЗов по соответствующим специальностям недостаточно, кроме того, многие выпускники не хотят работать в атомной промышленности или быстро покидают эту отрасль. Образовательные программы самих предприятий не могут исправить ситуацию, поскольку другие сектора рынка конкурируют с атомной промышленностью за образованные научные, инженерно-технические кадры и квалифицированных рабочих.

2.1.4 Сроки строительства

Продление сроков строительства свыше запланированных не приводит непосредственно к росту строительных издержек, но приводит к дополнительным банковским процентам. Кроме того, такое продление часто является признаком того, что на этапе строительства появились проблемы (например, с конструкцией, управлением стройкой или снабжением материалами), которые приведут потом к росту строительных издержек. Для энергоснабжающих предприятий, прежде всего небольших, возможности которых существенно возросли бы благодаря новой АЭС, это может повлечь тяжёлые последствия, особенно в случае, если уже заключены договоры с потребителями электроэнергии.

Когда были подписаны договоры о возведении АЭС в Олкилуото, предполагалось, что станция даст энергию в мае 2009 года. Но в мае 2009 года было зафиксировано отставание от графика на четыре года. Поскольку уже были гарантированы поставки электроэнергии для энергоёмкой финской промышленности, поставщику пришлось приобретать электроэнергию на рынке Северных стран, чтобы обеспечивать своих клиентов до ввода АЭС в эксплуатацию. Когда нарушается равновесие спроса и предложения, например, если гидроэлектростанции дают меньше энергии из-за сухой зимы, поставщику приходится платить за эту энергию гораздо больше, чем ему принесли бы цены, согласованные в договоре. Если цена электроэнергии на рынке Северных стран существенно превысит цену, за которую по договору будет продавать электроэнергию АЭС в Олкилуото, то поставщику придётся потом ещё долго работать лишь на покрытие своих убытков.

Общий период возведения у АЭС длится обычно гораздо дольше, чем само строительство. Он тянется от момента, когда было принято

решение о строительстве АЭС, до начала коммерческой эксплуатации, когда заканчиваются испытания и строители передают станцию эксплуатирующей организации. Например, в Великобритании в 1979 году было принято решение о строительстве АЭС Сайзуэлл (Sizewell B). Строительство началось только в 1987 году из-за задержек, возникших не только из-за общественного расследования, но и из-за проблем с реализацией проекта. Коммерческая эксплуатация станции началась лишь в 1995 году – общий период составил 16 лет. В большинстве случаев затраты в период до начала строительства невелики по сравнению с затратами на само строительство, если только речь не идёт о новом прототипе. В таком случае приходится проводить дополнительные согласования проекта и проверять его безопасность. Такие значительные задержки и связанные с ними факторы риска (проект может быть отклонён ещё на стадии планирования, расходы могут резко возрасти из-за требований законодательства) являются для поставщика электроэнергии, действующего на рынке с жёсткой конкуренцией, достаточным основанием, чтобы не инвестировать в атомную энергию.

2.2. Затраты на капитал

Строительные расходы в амортизационных отчислениях образуют второй компонент (см. приложение 2). Крупные проекты финансируются, как правило, с использованием комбинации привлечённого капитала (кредитов) и собственного, или паевого капитала (вложения). Что касается привлечённого капитала, то затраты на капитал зависят от размера обычных, безрисковых процентных ставок, например, процентов по облигациям, плюс фактор риска, плюс банковская маржа и расходы.

Что касается собственного капитала, то бытует мнение, будто большие предприятия могут осуществлять крупные инвестиции на собственные средства, без привлечения кредитов. Однако инвестиции из собственного капитала обычно финансируются таким образом: предприятие предлагает акционерам приостановить выплату дивидендов. Эти деньги инвестируются в проект и возвращаются затем акционерам в виде прибыли, которую он приносит. В качестве компенсации задержки выплаты дивидендов компании приходится выплачивать акционерам проценты, соответствующие прибыли, которую могли бы получить акционеры, если бы сразу осуществили капиталовложения с незначительным риском – но с доплатой, соответствующей риску нового проекта, который может и не принести ожидаемых прибылей. По этим причинам расходы на собственный капитал зачастую выше, чем на привлечённый капитал.

Если банки не хотят предоставлять кредит, то в такой ситуации неразумно использовать собственный капитал вместо привлечённого, ведь это означало бы заимствование денег акционеров на проект, с которым не желают работать банки. Поэтому и акционеры часто отказываются от участия в проектах, финансирование которых слишком сильно зависит от собственного капитала. С другой стороны, банки не одобряют заявки на получение кредитов, когда у них складывается впечатление, что предприятие не готово вкладывать в проект свои деньги.

Поэтому следует обратить внимание на то, что в США при запуске программы „Атомная энергия – 2010“ исходили из того, что проекты будут финансироваться в равной степени за счёт привлечённого и собственного капитала. К 2008 году стало ясно, что предприятия стараются в максимальной степени реализовывать проекты за счёт кредитов, имеющих государственные гарантии. Банки дали понять, что готовы предоставлять деньги только на условиях крупномасштабных гарантий по кредитам. Шесть крупнейших банков с Уолл Стрит заявили министерству энергетики США, что не будут выдавать кредитов на новые АЭС, если налогоплательщики не возьмут весь риск на себя ¹⁴.

Реальные (с учётом инфляции) затраты на капитал очень сильно разнятся в зависимости от факторов риска, имеющих в конкретной стране и от кредитной репутации компании. Существенную роль играет также то, каким образом устроено энергетическое хозяйство в стране. При ограниченной монополизации реальные затраты на капитал составляют всего 5-8 процентов. На рынке же с сильной конкуренцией они могут составлять до 15 процентов. Например, в штатах Флорида и Джорджия надзорные органы разрешают поставщикам электроэнергии восполнять затраты на новые АЭС ещё до начала их строительства посредством регулирования тарифов на электричество. В результате поставщик не так сильно зависит от государственных гарантий при получении кредитов. Энергетическая компания “Georgia Power”, которой принадлежат 45,7 процента атомного проекта “Vogtle” мощностью 2234 мегаватт, выступила с ходатайством о возврате 6,4 миллиарда долларов, которые она должна вложить в проект, с помощью налоговых послаблений в течение срока строительства, начинающегося в 2011 году. Надзорные органы шта-

14. Высказывания инвесторов о сообщении министерства энергетики относительно планов в сфере законодательства, 2 июля 2007 г.

та Джорджия дали своё согласие¹⁵. После этого согласия владельцы АЭС заявили, что могут продолжать строительство и без кредитных гарантий. В то же время доля затрат компании “Georgia Power” в данном проекте снизилась до 4,529 миллиарда долларов¹⁶.

Понятно, что если амортизационные расходы составляют большую часть цены АЭС, то удвоение требуемой нормы окупаемости капиталовложений способно серьёзно повредить экономике атомной энергетики. На вопрос, каким образом нужно подходить к расчёту затрат на капитал, нет одного „правильного“ ответа. Когда энергетические предприятия были монополистами, поставщикам электроэнергии было гарантировано полное покрытие их затрат. Иными словами: сколько бы денег они ни тратили, они всё получали обратно от потребителей. Инвесторы, предоставлявшие капитал, шли на ничтожно малый риск – рисковали только потребители. Затраты на капитал были везде высокими, но в разной мере в зависимости от конкретной страны и от того, находится предприятие в частной собственности или в собственности государства. Такие государственные предприятия, как шведская энергетическая компания „Ваттенфалль“ (Vattenfall), в целом обладают высокой кредитоспособностью, и их затраты на капитал ниже, чем у предприятий, частично и полностью принадлежащих частным акционерам, например, немецких энергетических концернов E.ON и RWE. В государственных предприятиях и давление со стороны участников не так велико, как в акционерных обществах, и они могут использовать собственный капитал. Реальные затраты на капитал, т.е. ежегодные проценты по кредитам с учётом инфляции, составляют в промышленно развитых странах, как правило, от пяти до восьми процентов.

На работающем рынке электроэнергии уже производители, а не потребители несут ответственность за инвестиционный риск, который отражается на величине затрат на капитал. Например, в 2002 году в Великобритании примерно 40 процентов электроэнергии (половина – на АЭС) вырабатывалось на предприятиях, неблагополучных в финансовом отношении. Множество предприятий и банков потеряли миллиарды фунтов в результате инвестиций в электростанции, которые они строили сами или финансировали. При таких обстоятельствах вполне оправданными кажутся оценки, согласно которым реальные затраты на капитал превышают 15 процентов. Если уровень риска ниже, например, когда имеются государственные гарантии в

15. Platts Global Power Report: Georgia PSC Approves Two Nuclear Reactors by Georgia Power and a Biomass Conversion, 19 марта 2009 г.

16. Nucleonics Week: “Georgia Power Lowers Estimate for New Vogtle Units”, 11 ноября 2009 г.

отношении рынка электроэнергии и цен, то затраты на капитал меньше. Но эти гарантии представляют собой государственные субсидии, и неясно, допустимы ли они с позиций европейского права.

2.3 Производственные показатели и загрузка мощностей

Для такой капиталоемкой технологии, как атомная энергетика, особенно важна хорошая загрузка мощностей. Только тогда огромные фиксированные расходы (возврат вложенных средств, проценты и расходы на вывод из эксплуатации) можно возместить с помощью крупных объемов выработки электроэнергии. Кроме того, выработка энергии на АЭС не отличается гибкостью. Не рекомендуется понижать или повышать выработку установки, варьировать мощность. По этой причине АЭС используются в качестве источников „базовой“ нагрузки. Иначе дела обстоят лишь в некоторых странах, например, во Франции – там, где АЭС дают слишком большую долю всей электроэнергии. Загрузка (в США пользуются понятием „фактор мощности“) является хорошим показателем того, насколько эффективно и надёжно функционирует электростанция. Этот показатель представляет собой выработку на протяжении определённого периода в виде процентной доли от выработки, которая была бы достигнута при постоянной эксплуатации на полную мощность на протяжении этого периода¹⁷. Как правило, загрузка рассчитывается на год или на весь срок эксплуатации. В отличие от строительных издержек, загрузку можно определить точно; эти цифры периодически публикуют специализированные издания “Nucleonics Week” и “Nuclear Engineering International”, а также МАГАТЭ. Можно спорить о том, почему прекратилась эксплуатация или почему было выработано меньше энергии. Но с точки зрения экономики тот факт, что запланированный объём электроэнергии не вырабатывается, менее важен, чем вопрос – почему электроэнергия не вырабатывается.

Таблица 6: Загрузка немецких АЭС

Электростанция	Начало коммерческой эксплуатации	Загрузка в 2008 году (%)	Загрузка за весь период эксплуатации до 2008 года (%)
Библис А	2/1975	82,6	65,2
Библис В	1/1977	95,2	67,7
Брокдорф	12/1986	92,4	88,5

17. Отметим, что некоторые организации, такие, как МАГАТЭ, при незначительной загрузке реактора указывают эту реальную загрузку не относительно полной возможной загрузки, а относительно согласованной номинальной величины. Таким образом, можно получить какую-то полезную информацию о надёжности станции, но в экономических анализах необходимо использовать полную мощность реактора, потому что заказчик платит именно за эту мощность.

Брунсбюттель	2/1977	0,0	53,7
Эмсланд	6/1988	93,3	93,3
Графенхайнфельд	6/1982	87,2	86,2
Гронде	2/1985	88,3	90,6
Гундремминген В	7/1984	85,7	82,6
Гундремминген С	1/1985	87,7	80,4
Изар 1	3/1979	98,3	79,3
Изар 2	4/1988	93,2	89,6
Крюммель	3/1984	0,0	71,6
Неккарвестхайм 1	12/1976	54,9	79,5
Неккарвестхайм 2	4/1989	93,0	92,7
Филипсбург 1	3/1980	78,4	79,0
Филипсбург 2	4/1985	88,7	88,2
Унтервезер	9/1979	78,7	79,6

Источник: IAEA, <http://www.iaea.or.at/programmes/a2/>

Примечание: АЭС Крюммель и Брунсбюттель в 2008 году не эксплуатировались

В таблице 6 приведены данные о загрузке немецких АЭС в 2008 году и за весь период их эксплуатации. Мы видим, что имеются значительные колебания: три станции были загружены за весь период работы более чем на 90 процентов, а три других – менее чем на 70 процентов.

Загрузка АЭС оказалась гораздо меньшей, чем это прогнозировалось. Сторонники АЭС были уверены в том, что АЭС будут работать чрезвычайно надёжно и их работа будет прерываться только для технического обслуживания или загрузки новых топливных элементов. Некоторые типы реакторов, например, AGR и CANDU, допускают загрузку нового топлива без остановки работы станции; их останавливают только для работ по техобслуживанию, и их загрузка составляет от 85 до 95 процентов. Тем не менее, показатели выработки были далеко не блестящими: в 1980 году средняя загрузка АЭС в мире составляла примерно 60 процентов. Какие это имело последствия для рентабельности атомной энергетики, видно из следующего тезиса: если мы исходим из того, что при загрузке в 90 процентов фиксированные затраты составляют две третьих от всех затрат на выработку одно киловатт-часа, то при 60-типроцентной загрузке издержки возрастают на треть. Учтём также технические остановки и их влияние на загрузку станций – затраты на ремонт и техобслуживание ещё больше повышают цену киловатт-часа. На рынке с жёсткой конкуренцией производитель, обязанный по договору поставлять электроэнергию, но не способный выполнить свои обязательства, должен приобретать для своих клиентов электроэнергию у других поставщиков, причём иногда по очень высоким ценам.

Начиная с конца 1980-х годов атомная индустрия во всём мире прилагала огромные усилия для повышения выработки. Теперь сред-

няя загрузка станций превышает 80 процентов. В США этот показатель достиг почти 90 процентов, хотя в 1980 году не достигал и 60 процентов. Тем не менее, если взять весь период эксплуатации, то средняя загрузка американских АЭС составляет всего 70 процентов.

Из эксплуатирующихся в настоящее время 414 реакторов, проработавших не менее одного года и располагающих статистикой по загрузке, только семь могут похвастаться загрузкой более 90 процентов; только 100 самых эффективных установок были загружены более чем на 80 процентов. Любопытно, что 13 лучших реакторов находятся в трёх странах: шесть в Южной Корее, пять в Германии и два в Финляндии.

Возможно, что реакторы нового типа по части надёжности соответствуют двум лучшим процентам существующих реакторов, но как и у предыдущих поколений, у них проявятся какие-нибудь „детские болезни“. Особенно ярким примером этого может служить опыт работы французской серии N4 в конце 90-х годов. При этом следует помнить о том, что для экономического анализа из-за дисконтирования более важна выработка в первые годы эксплуатации, когда вышеупомянутые „детские болезни“ проявятся с большей вероятностью, чем позднее. С течением времени производительность может снизиться из-за износа деталей, необходимости их замены и усовершенствований для соответствия новым стандартам безопасности. Однако, скорее всего, это снижение выработки не играет особой роли из-за дисконтирования. В общем и целом, на основании имеющегося опыта едва ли стоит надеяться на то, что загрузка атомных электростанций будет составлять 90 процентов и выше.

2.4 Расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание, не связанные с топливом

Многие полагают, что атомные электростанции представляют собой установки, работающие автоматически, которым иногда только требуется новое топливо, и поэтому очень дешёвые в эксплуатации. При этом прямые затраты на эксплуатацию и техобслуживание играют в исследованиях рентабельности атомной энергетики, как правило, второстепенную роль. Как будет показано в дальнейшем, затраты на топливо относительно малы и их нетрудно рассчитать. Однако конец 80-х и начало 90-х годов показали, что надеяться на низкие эксплуатационные расходы было бы ошибкой. В тот период в США были закрыты несколько АЭС, потому что выяснилось, что эксплуатационные расходы (без возврата фиксированных издержек) были выше, чем затраты на строительство и эксплуатацию замещающих

мощностей на базе природного газа. В то время расходы на эксплуатацию и техобслуживание без учёта топлива составляли в среднем 22 доллара на мегаватт-час, в то время как затраты на топливо не превышали 12 долларов за мегаватт-час. Прилагались огромные усилия ради снижения этих затрат. В середине 90-х годов прямые затраты на эксплуатацию и техобслуживание составили в среднем 12,5 долларов за мегаватт-час¹⁸, затраты на топливо – 4,5 доллара. Но стоит отметить, что такое снижение было обусловлено прежде всего повышением загрузки АЭС, а не реальным снижением затрат. Многие эксплуатационные издержки (зарплаты, техобслуживание) относятся практически к фиксированным затратам и не зависят от того, сколько электроэнергии вырабатывается на АЭС. Поэтому получается, что чем больше выработка энергии, тем меньше затраты на эксплуатацию и техобслуживание в расчёте на один киловатт-час. В США в настоящее время ликвидирована опасность закрытия атомных электростанций по экономическим причинам.

Отметим также, что приватизированное в 1996 году предприятие “British Energy”, получившее свои восемь АЭС практически даром, в 2002 году попало в тяжёлую финансовую ситуацию в результате того, что доходы от эксплуатации станций едва покрывали текущие расходы. Отчасти это было связано с высокими затратами на топливо, прежде всего на переработку отработавших топливных элементов, которая сейчас осуществляется только в Великобритании и Франции (см. ниже). Затраты на эксплуатацию и техобслуживание восьми установок “British Energy”, включая затраты на топливо, колебались в период между 1997 и 2004 годами от 1,65 и двух пенсов ровно за киловатт-час. После этого они росли с каждым годом. За последний полный год, по которому имеются сведения (2007/2008), расходы составили три пенса за киловатт-час, а за первые шесть месяцев хозяйственного года 2008/2009 уже 4,13 пенса за киловатт-час. Затем предприятие перешло в собственность французской энергетической компании EDF; более свежих данных об эксплуатационных расходах нет.

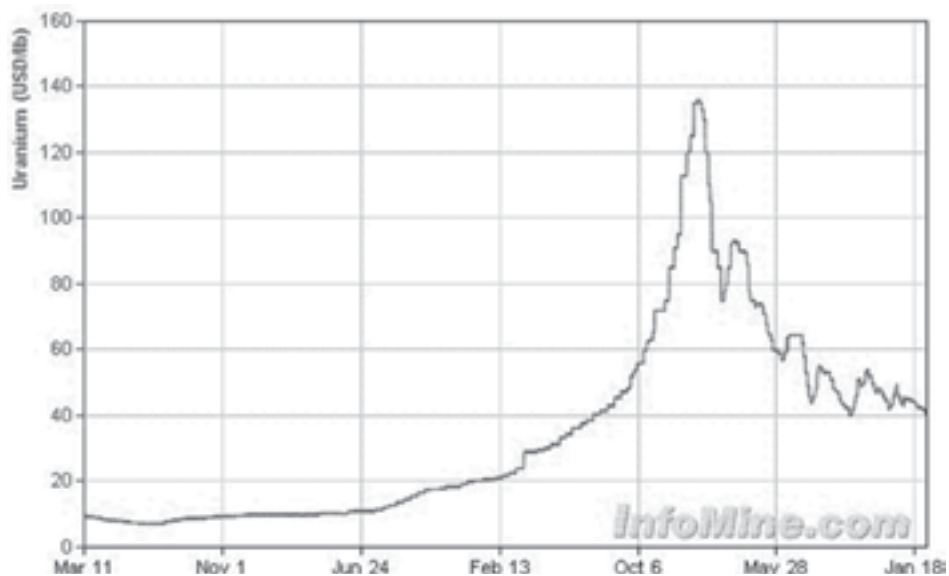
2.5 Затраты на топливо

К затратам на топливо, составляющим примерно пять процентов от общих затрат на производство электроэнергии, относятся затраты на добычу урана, его обогащение, изготовление топливных стержней, хранение использованных стержней в течение сотен тысяч лет. Даль-

18. Статистику об издержках на эксплуатацию и техобслуживание см.: <http://www.nei.org/index.asp?catnum=2&catid=95>

нейшие рассуждения относятся исключительно к затратам на получение топлива. Стоимость топлива понизилась, потому что уран на мировом рынке стоил дешево с середины 70-х годов (около 12 долларов за фунт U_3O_8) приблизительно до 2000 года, затем цена выросла примерно до 150 долларов за фунт (см. илл. 1) До конца 2009 года цена вновь опустилась ниже 50 долларов за фунт. Эти спотовые цены в некоторой степени вводят в заблуждение, поскольку объем торговли на рынке невелик и на нём продаётся лишь незначительная доля урана – в остальном же действуют долгосрочные двусторонние договоры. В США затраты на топливо составляют в среднем 0,25 пенса за киловатт-час; однако эту цену искусственно занижают, потому что американское правительство осуществляет утилизацию отработавших топливных элементов по цене в один доллар за мегаватт-час (0,06 пенса за киловатт-час). Такая усреднённая цена на утилизацию была произвольно установлена более двух десятилетий назад без опоры на конкретные опытные данные. Ни в США, ни где бы то ни было в мире до сих пор нет мест окончательной утилизации отработавшего топлива. Все отработавшие топливные элементы в США находятся на временном хранении до постройки могильника, который будет располагаться, предположительно, в Юкка Маунтин (Невада). Реальные затраты на утилизацию могут оказаться намного более значительными.

Иллюстрация 1: Цена урана, 2000-2010



Источник: <http://www.infomine.com>

Проблема утилизации отработавших топливных элементов с трудом поддаётся оценке. Регенерация – дорогой процесс, если получаемый при этом плутоний не приносит прибыли. Кроме того, эта технология не решает проблему окончательной утилизации. При регенерации происходит всего лишь разделение отработавшего топлива на составные части. Количество радиоактивности при этом не уменьшается. В результате регенерации образуется очень много низко- и среднерadioактивных отходов, потому что используемое оборудование и все материалы становятся радиоактивными. По некоторым сообщениям, предприятие “British Energy” до смены собственника заключило с госпредприятием BNFL договор на регенерацию, по которому стоимость данной услуги составила 300 миллионов фунтов в год, что соответствует 0,5 пенса за киловатт-час. Новый договор позволит “British Energy” экономить 150-200 миллионов фунтов ежегодно, что стало возможно лишь благодаря правительству, которое решило возместить убытки BNFL. Несмотря на негативный опыт американских предприятий, в США впервые после введённого правительством Картера запрета подумывают о том, чтобы разрешить регенерацию отработавшего топлива. Затраты на утилизацию радиоактивных отходов подсчитать довольно трудно, потому что нет действующих или хотя бы строящихся установок, которые могли бы полностью решить проблему. Поэтому прогнозы затрат должны включать в себя очень большую вероятность ошибки.

2.6 Срок службы

Атомные электростанции поколения III+ отличаются, в числе прочего, тем, что их расчётный срок службы составляет 60 лет, что вдвое превышает сроки службы их предшественников. Казалось бы, разумно предположить, что фиксированные затраты на единицу продукции резко снизятся при удвоении срока службы – появляется больше времени на возврат этих затрат. Но на практике всё выглядит совсем иначе. Банковские кредиты нужно возвращать не позднее 15-20 лет и, при расчёте окупаемости капиталовложений по дисконтированным затратам, затраты и доходы после 10-15 лет работы АЭС имеют небольшой вес (см. приложение 2).

В настоящее время имеется тенденция к продлению сроков службы существующих АЭС. Некоторые реакторы с водой под давлением и с кипящей водой, у которых заканчивается их проектный срок службы в 40 лет, получили от надзорных органов в США разрешение на работу в течение ещё 20 лет. Однако не следует полагать, что

электричество подешевеет, как только прекратятся затраты на капитал. Продление сроков службы приводит к появлению других затрат, потому что необходимо менять изношенные элементы и приводить АЭС в соответствие с действующими стандартами безопасности. Кроме того, продление сроков службы не всегда возможно. Например, британские реакторы типа AG (advanced gas-cooled reactors) с расчётным сроком службы 25 лет, будут, судя по всему, вырабатывать энергию целых 40 лет. А вот дальнейшее продление срока службы едва ли возможно, потому что графитовые замедлители могут начать разрушаться и деформироваться.

2.7 Затраты на вывод из эксплуатации, утилизацию отходов и отчисления

На настоящий момент почти нет опыта вывода из эксплуатации коммерческих АЭС и неизвестно, насколько велики будут затраты на утилизацию средне- и высокорadioактивных отходов (см. приложение 3), поэтому такие затраты трудно подсчитать. Но даже меры, которые гарантировали бы наличие необходимых для этого средств, мало изменили бы общую ситуацию с рентабельностью атомной энергетики. Если собственник АЭС будет обязан в начале эксплуатации „откладывать“ определённую сумму на вывод АЭС из эксплуатации, это повысит строительные издержки всего на 10 процентов. Платежи в специальный фонд “British Energy” (который не смог покрыть затраты даже на первую фазу демонтажа АЭС) не превышали 20 миллионов фунтов в год. Это соответствовало примерно 0,03 пенса на киловатт-час.

Проблемы возникают в том случае, когда затраты с самого начала занижаются, отчисления пропадают или когда владелец АЭС объявляется банкротом до того, как станция отработала свой проектный срок. Именно так и случилось в Великобритании. Предусмотренные в смете затраты на остановку АЭС в течение последних 20 лет де-факто выросли в четыре раза. Когда в 1990 году приватизировали энергетическую компанию “Central Electricity Generating Board” (CEGB), то отчисления, сформированные из вкладов потребителей, не были переданы новому владельцу – “Nuclear Electric”. Средства, накопленные в виде отчислений, на которые в период с 1990 до 1996 года должны были выводиться из эксплуатации „старые, аварийные АЭС“ (по выражению Майкла Хезелтайна¹⁹), были просто потрачены предприятием, эксплуатировавшим АЭС, а остатки этих средств

19. Майкл Хезелтайн, председатель Совета по торговле (Board of Trade), Hansard, 19 октября 1992 г.

были взысканы в государственную казну. В результате неплатёжеспособности “British Energy” большую часть расходов на вывод АЭС из эксплуатации придётся оплатить будущим налогоплательщикам.

2.8 Страхование и ответственность

На тему страхования и ответственности ведутся оживлённые споры. В настоящее время владельцы АЭС на основании международной конвенции несут ответственность лишь за незначительную часть расходов, которые повлекла бы за собой серьёзная авария на АЭС. Венская конвенция, подписанная в 1963 году и дополненная в 1997-ом, ограничивает ответственность владельца величиной в 300 миллионов специальных прав заимствования (СПЗ), или примерно 460 миллионов долларов (по состоянию на 22 февраля 2009 один доллар США соответствовал 0,653 СПЗ²⁰). В настоящее время британское правительство берет на себя ответственность в случае, если затраты на ликвидацию аварий превысят 140 миллионов фунтов. Ожидается, что максимальная сумма покрытия ущерба вырастет до 700 миллионов евро в соответствии с парижско-брюссельской конвенцией. Верхняя граница ответственности всегда рассматривалась как необходимое условие для развития атомной энергетики. Но её можно рассматривать и как щедрую государственную субсидию.

Таблица 7: Верхние границы ответственности в странах ОЭСР, сентябрь 2001 года

	Максимальные суммы ответственности по национальному законодательству (а), евро	Обязательные депозитные отчисления (а, в)
Бельгия	298 миллионов	
Германия	нет ограничений	2500 миллионов (с)
Финляндия	250 миллионов	
Франция	92 миллиона	
Великобритания	227 миллионов	
Япония	нет ограничений	538 миллионов
Канада	54 миллиона	
Южная Корея	4293 миллиона	
Мексика	12 миллионов	

20. Стоимость специальных прав заимствований рассчитывается на основе корзины из четырёх важнейших валют мира.

Нидерланды	340 миллионов	
Швейцария	нет ограничений	674 миллиона
Словакия	47 миллионов	
Испания	150 миллионов	
Чехия	177 миллионов	
Венгрия	143 миллиона	
США	10937 миллиона	226 миллионов

Источник: неофициальная статистика – OECD/NEA, Legal Affairs

Примечания:

(а) Перерасчёт по официальному курсу на июнь 2001-июнь 2002 года;

(в) если отличается от максимальной суммы ответственности;

(с) 256 миллионов евро страховки, 2,5 миллиарда евро пул владельцев, 179 миллионов евро по Брюссельской поправке к Парижской конвенции.

Контрольная комиссия Немецкого Бундестага в своём докладе об устойчивом энергоснабжении²¹ пользовалась цифрами о границах ответственности в странах ОЭСР, приведёнными в таблице 7. Они демонстрируют широкий разброс: например, в Мексике эти суммы очень малы, а в Германии намного больше.

Расходы, образующиеся в результате таких катастроф, как Чернобыльская, могут достигать сотен миллиардов (не очень красиво измерять смерть или инвалидность людей в денежном эквиваленте, но для страхования это необходимо). От такого события едва ли можно застраховаться традиционным способом. Даже если бы это было возможно, на такую страховку нельзя было бы всерьёз полагаться, потому что крупная авария разорила бы страховщиков.

Для того, чтобы обеспечить эффективное покрытие финансовых потерь в случае серьёзной аварии, возникла идея так называемых „облигаций для катастроф“. Речь идёт о высокодоходных застрахованных облигациях, выплаты по которым задерживаются или „пропадают“ в случае определённых видов аварий. Но пока трудно делать какие-то выводы о том, могли бы такие облигации стать реалистичным выходом при покрытии расходов при авариях и как это повлияло бы на рентабельность атомной энергетики.

21. Немецкий Бундестаг: „Устойчивое энергоснабжение в условиях глобализации и либерализации“, – доклад специальной комиссии, том 6/2002, глава 3.3.2, таблица 3.3, Берлин, 2002 г., стр. 232. <http://dip.bundestag.de/btd/14/094/1409400.pdf>

3. Опыт работы в Олкилуото и Фламанвиле

Эти две станции особенно важны, потому что они – единственные представители поколения III+, на которых получен значительный объём опытной информации – хотя пока только по строительству, а не по эксплуатации.

3.1 Олкилуото

Заказ на строительство в Финляндии третьего блока реакторов на АЭС в Олкилуото считался особенно важным для атомной промышленности, потому что он, казалось, опроверг распространённое мнение, будто бы из-за либерализации рынка энергии АЭС больше строить не будут. Заказ на строительство, сделанный в декабре 2003 года, стал первым в Западной Европе и Северной Америке после второго блока французской АЭС Сиво (1993), и первым реактором поколения III+ за пределами Тихоокеанского региона. Финская атомная промышленность с 1992 года пыталась получить разрешение парламента на строительство пятого атомного реактора. И такое разрешение было дано в 2002 году. Заказ на строительство Олкилуото-3 дал огромный толчок атомной промышленности и фирме „Арева НП“. Когда станция вступит в строй, она призвана стать лучшим демонстрационным объектом для новых покупателей европейских реакторов с водой под давлением.

Финляндия вместе с Норвегией, Швецией и Данией входит в Северный энергетический союз. Рынок электроэнергии этого региона на мировом фоне отличается особенно жёсткой конкуренцией. Финляндия имеет хорошую репутацию, страна эксплуатировала четыре реактора. Поэтому многие надеялись, что эта стройка – ответ на вопрос о „возрождении атомной энергетики“. Но при внимательном рассмотрении мы наталкиваемся на детали, свидетельствующие о том, что эту сделку невозможно перенести в условия других рынков.

В 2004 году предполагалось, что стоимость строительства реактора Олкилуото-3 мощностью 1600 мегаватт составит по договору три миллиарда евро²². Потом говорили уже о 3,2²³ или 3,3²⁴ миллиарда. После того, как в марте 2005 года финское надзорное ведомство STUK выдало разрешение на строительство, в августе 2005 года

22. Руководитель проекта Мартин Ландтман заявил: „Общий размер инвестиций в Олкилуото-3, включая поставку по договору „под ключ“, составляет примерно 3 миллиарда евро в ценах 2003 года. Другие данные не публиковались“. Электронное письмо Майклу Шнайдеру от 8 октября 2004 года.

23. Nucleonics Week: “EC Probing Claims Olkiluoto Loan Guarantees Were State Aid?” 26 октября 2006 г.

24. Nucleonics Week: “Areva Reveals 47% Cost Overrun on Contract for Olkiluoto-3”, 5 марта 2009 г., стр. 1.

начались работы на месте возведения станции. Когда был подписан договор, сумма заказа по договору составила от 3,6 до 4 миллиардов долларов, или 2250-2475 долларов за киловатт-час (1 евро = 1,2 доллара США). В эту сумму входили кредитование и две активных зоны реактора, то есть цена “overnight” была бы ниже, хотя при такой низкой процентной ставке (2,6%) она в любом случае была бы низкой.

Эти затраты существенно превышали сумму в 1000 долларов за киловатт-час, которую атомная промышленность объявила своей целью всего несколькими годами ранее, а критики объявили эту цену „приманкой“. „Арева НП“ ещё с конца 90-х годов²⁵ пыталась подвинуть предприятие “Electricité de France” (EDF) или какую-нибудь немецкую энергетическую компанию к строительству европейского реактора с водой под давлением. Были опасения, что „Арева“ потеряет квалифицированных специалистов²⁶, а реактор этого типа устареет²⁷, если в ближайшее время не поступит заказов. Кроме того, фирме „Арева“ был нужен демонстрационный объект для технологии EPR. Олкилуото-3 был призван стать моделью для получения последующих заказов. В качестве дополнительной услуги и по желанию клиента „Арева“ предложила строительство станции „под ключ“, т.е. по фиксированной цене. Помимо поставки ядерной технологии, компания взяла на себя ответственность за ведение строительства. Для „Арева“ это была непривычная роль: при монтаже 58 реакторов, которые компания „Фраматом“ (предшественник „Арева“) установила во Франции, а также в Китае и ЮАР, эти функции выполняла компания EDF.

Как зафиксировано в документах²⁸, реализация проекта Олкилуото с самого начала во многом шла неудачно. В марте 2009²⁹ года стало известно, что сроки строительства увеличиваются минимум на три года, а бюджет превышен на 1,7 миллиарда евро³⁰. В августе 2009 года „Арева“ признала, что теперь речь идёт о затратах в 5,3 миллиарда долларов, что при тогдашнем курсе (1 евро = 1,35 доллара США) соответствовало цене в 4500 долларов за киловатт-час³¹. Между „Аре-

25. Nucleonics Week: “Giant EPR Said To Be Competitive: EDF To Decide on Order Next Year”, 6 ноября 1998 г., стр. 1.

26. Petroleum Economist: “France Mulls Nuclear Future”, март 2001 г.

27. Nucleonics Week: “EPR Safety Approval Won’t Last Beyond 2002, Regulator Warns”, 6 марта 1997 г.

28. S. Thomas: “Can Nuclear Power Plants Be Built in Britain without Public Subsidies and Guarantees?”, доклад на конференции “Commercial Nuclear Energy in an Unstable, Carbon Constrained World”, организованной центром пропаганды борьбы с пролиферацией и радиостанцией „Свободная Европа“/„Радио Свобода“, 17-18 марта 2008 г., Прага, Чехия.

29. Nucleonics Week: “Areva’s Olkiluoto-3 Manager Says Engineering Judgment Undermined”, 26 марта 2009 г., стр. 4.

30. Nucleonics Week: “Areva Reveals 47% Cost Overrun”, 5 марта 2009 г., стр. 10.

31. Nucleonics Week: “With Expected Losses Mounting, Areva Seeks Changes in OI3 Project”, 3 сентября 2009 г.

ва“ и заказчиком, энергетической компанией “Teollisuuden Voima Oy” (TVO), разгорелся ожесточённый спор из-за договора. „Арева“ требует выплаты приблизительно миллиарда евро за задержки, допущенные, якобы, компанией TVO, а TVO, в свою очередь, потребовало в январе 2009 года сумму в 2,4 миллиарда евро в качестве компенсации ущерба от задержки строительства по вине „Арева“³².

Представляется маловероятным, что удалось разрешить все проблемы, приведшие к отставанию от графика строительства и превышению сметы. Окончательный размер затрат будет, вероятно, намного выше. „Бракоразводный процесс“ между „Арева“ и TVO определит, какая из сторон в какой мере будет отвечать за дополнительные расходы. Независимо от этого уже ясно, что сомнения потенциальных инвесторов в отношении возможных затрат и соблюдения сроков по-прежнему оправданы.

3.2 Фламанвиль

В январе 2007 года предприятие “Électricité de France” (EDF) заказало строительство европейского реактора с водой под давлением во Фламанвиле. Строительство этого реактора, рассчитанного на большую мощность³³ (1630 мегаватт), началось в декабре 2007 года³⁴. В мае 2006 года EDF рассчитывало на общую стоимость в 3,3 миллиарда евро³⁵, что по тогдашнему курсу (1 евро = 1,28 доллара) соответствовало цене в 2590 доллара за киловатт-час. Правда, в эту цену не входил основной комплект топливных элементов, поэтому цена „одной ночи“ была бы несколько выше. В изначальной смете не было и расходов на финансирование строительства.

EDF не собиралось заказывать строительство „под ключ“, т.е. не хотело оплачивать инженерные работы на стройке и выполнение всех пунктов договора, например, договоры на лизинг турбогенератора. Стал ли причиной такого решения опыт, полученный в Олкилуото, или предприятие просто не хотело лишать работы своих специалистов – неизвестно.

В мае 2008 года надзорные органы временно приостановили строительство во Фламанвиле, потому что при заливке бетонного фундамента возникли сомнения в отношении качества³⁶. Из-за этой задержки „Арева“ объявила, что АЭС будет достроена не раньше 2013 года, то есть на год позже запланированного. В ноябре 2008 года руководство

32. Agence France Presse: “Setbacks Plague Finland’s French-built Reactor”, 30 января 2009 г.

33. Nucleonics Week: “EDF Orders Flamanville-3 EPR NSSS, with Startup Targeted in 2012”, 5 января 2007 г., стр. 1.

34. Nucleonics Week: “Flamanville-3 Concrete Pour Marks Start of Nuclear Construction”, 6 декабря 2007 г., стр. 3.

35. Nucleonics Week: “EDF to Build Flamanville-3, Says First EPR Competitive with CCGT”, 11 мая 2006 г., стр. 1.

36. Nucleonics Week: “Concrete Pouring at Flamanville-3 Stopped after New Problems Found”, 29 мая 2008 г., стр. 18.

EDF заявило, что отставание от графика можно ликвидировать и что стройка завершится, как и планировалось, в 2012 году³⁷. Руководство EDF признало, что смета затрат на АЭС во Фламанвиле увеличилась с 3,3 миллиарда до 4 миллиардов евро³⁸. При курсе евро к доллару 1/1,33 это соответствовало цене электроэнергии, равной 3265 долларов за киловатт-час, что существенно превышало договорную цену Олкилуото, но было намного меньше цен в США и реальных затрат в Олкилуото. Профсоюзы строителей, занятых на стройке, также заявили, что строительство во Фламанвиле отстаёт от графика минимум на два года³⁹. По словам представителя „Арева“, стоимость европейского реактора с водой под давлением составляют теперь не меньше 4,5 миллиардов евро – но он не уточнил, является ли это ценой “overnight”⁴⁰.

4. Атомная программа США

Представленная в феврале 2002 года программа „Атомная энергетика – 2010“ была попыткой правительства Буша оживить рынок в пользу атомных электростанций. В центре этой программы находились АЭС поколения III+. Ставилась цель: до 2010 года нужно запустить минимум один реактор поколения III+ и один реактор более продвинутого дизайна. Министерство энергетики США надеялось на сотрудничество в рамках данной программы с промышленностью,

*(...) чтобы получить от ведомства по контролю над атомной энергией США (NRC) предварительное одобрение строительства новых АЭС в трёх местах, кроме того, чтобы разработать процедуру подачи ходатайства о выдаче разрешения на строительство и эксплуатацию, а также выяснить ситуацию с требованиями к таким ходатайствам. Разрешение на строительство и эксплуатацию представляет собой „одноступенчатую“ процедуру, в ходе которой перед началом строительства выясняются вопросы здравоохранения и безопасности в связи со строительством АЭС. И только затем ведомство по контролю над атомной энергией выдаёт разрешение на строительство и эксплуатацию новой АЭС*⁴¹.

37. Nucleonics Week: “EDF Confirms Target of Starting Up Flamanville-3 in 2012”, 20 ноября 2008 г., стр. 1.

38. Associated Press Worldstream: “EDF To Lead up to Euro50b in Nuclear Plant Investment”, 4 декабря 2008 г.

39. Nucleonics Week: “French Union: Flamanville-3 Delayed”, 28 января 2010 г., стр. 1.

40. Nucleonics Week: “Areva Official Says Costs for New EPR Rising, Exceeding \$ 6.5 billion”, 4 сентября 2008 г., стр. 1.

41. <http://www.ne.doe.gov/NucPwr2010/NucPwr2010.html>.

Ещё одна причина:

(...) чтобы завершить разработку прототипа реактора поколения III+ и проверить её соответствие новым федеральным процедурам согласования и контроля по части выбора месторасположения, строительства и эксплуатации новых АЭС ⁴².

Целью программы „Атомная энергетика-2010“ была помощь реакторам нового типа в достижении ими коммерческого успеха. Неудачный опыт 80-х и 90-х годов заставил энергетические компании с осторожностью относиться к строительству АЭС и выяснять, не будут ли новые реакторы и технологии обладать теми же недостатками, что и старые. Для преодоления этих трудностей политики попытались упростить процедуру получения разрешений, в ускоренном порядке начать строительство нескольких реакторов нового типа и разработать программу поддержки трёх проектов (возможно, с шестью блоками). Предполагается, что последующие проекты будут реализованы уже без субсидий.

Изначально были предусмотрены субсидии общим размером до 450 миллионов долларов для трёх проектов. Выяснилось, что три компании ходатайствовали о предоставлении субсидий; две из них затем подписали соглашения с министерством энергетики США о проработке разрешений на строительство и эксплуатацию АЭС. В консорциум „Nustart“, основанный в 2004 году, входят восемь энергетических компаний: „Entergy“, „Constellation Energy“, „Duke Power“, „Exelon“, „Florida Power&Light“, „Progress Energy“, „Southern Company“ и „Tennessee Valley Authority“ (TVA, предоставила только рабочую силу, но не финансовые средства). Туда же вошли французская энергетическая компания EDF, а также „Вестингхаус“ и „Дженерал Электрик“ (GE), не обладающие правом голоса. Консорциум „Nustart“ планировал подать две заявки: одну на строительство реактора типа ESBWR (Economic Simplified Boiling Water Reactor) компании GE на территории Гранд Галф в Техасе, принадлежащей компании „Entergy“, и одну на строительство реактора AP-1000 фирмы „Вестингхаус“ на территории в Бельфонте, принадлежащей компании TVA. Существует ещё одна мощная группа компаний, в которой лидирующие позиции занимает производитель электроэнергии „Dominion“. Компания „Dominion“ хотела получить разрешение на строительство и эксплуатацию ACR-700, новой версии реактора CANDU производства „Atomic Energy of Canada Limited“, в Норт

42. Министерство энергетики США: A Roadmap to Deploy New Nuclear Power Plants in the United States by 2010, Washington, D.C., USDOE, 2001 г.

Анна (штат Вирджиния), где “Dominion” уже эксплуатирует два реактора. Но в январе 2005 года руководство “Dominion” сообщило, что вместо реактора ACR-700 будет ходатайствовать о разрешении на реактор ESBWR производства GE, потому что согласование строительства реактора типа CANDU длится слишком долго. В США ещё никогда не согласовывали реакторы типа CANDU, и в NRC исходили из того, что процесс согласования продлится не менее 60 месяцев – то есть намного дольше, чем для реактора типа PWR или BWR поколения III+. Однако в дальнейшем выяснилось, что согласование в NRC продлится не меньше 60 месяцев для всех новых типов реакторов.

После вступления в силу закона об энергетической политике 2005 года (ЕРАСТ) план выполнения программы был сдвинут во времени, но был при этом существенно расширен, чтобы им смогло воспользоваться большее число энергетических компаний, заинтересованных в строительстве АЭС. Заметно возросли и возможности получения поддержки. На начало 2009 года было запланировано строительство 31 установки (см. таблицу 8).

Для некоторых показательных станций был разработан пакет субсидий. Вот два ключевых момента этого пакета:

Налоговые послабления: чтобы электроэнергия, вырабатываемая на новых АЭС, могла конкурировать с другими источниками энергии, на первые восемь лет эксплуатации водится налоговое послабление в размере 18 долларов на мегаватт-час. По информации энергетического ведомства EIA такая поддержка обошлась бы налогоплательщикам до 2025 года в 5,7 миллиарда долларов⁴³.

Кредитные гарантии: для облегчения строительства новых реакторов вводятся государственные гарантии на кредиты, это значит, что энергетические компании смогут заимствовать деньги по процентной ставке государственных облигаций. Бюджетные контролёры Конгресса пришли к выводу, что риск того, что промышленники не смогут обслуживать эти кредиты, „намного больше 50-ти процентов“⁴⁴. По оценке службы “Congressional Research Service” ответственность налогоплательщиков по кредитным гарантиям, покрывающим до 50 процентов строительных издержек 6-8 реакторов, будет составлять от 14 до 16 миллионов долларов⁴⁵.

43. Министерство энергетики США: Analysis of Five Selected Tax Provisions of the Conference Energy Bill of 2003, Washington, D.C., Energy Information Administration, 2004 г., стр. 3. [http://tonto.eia.doe.gov/FTP/ROOT/service/sroiaf\(2004\)01.pdf](http://tonto.eia.doe.gov/FTP/ROOT/service/sroiaf(2004)01.pdf)

44. Congressional Budget Office: Cost estimate of S. 14, Energy Policy Act of 2003, Washington, D.C., Congressional Budget Office, 7 мая 2003 г. <http://www.cbo.gov/doc.cfm?index=4206>

45. Congressional Research Service (CRS): Potential Cost of Nuclear Power Plant Subsidies in S. 14, 7 мая 2003 г.; запрос сенатора Рона Вайдена.

Таблица 8: Атомные электростанции, запланированные в США в рамках программы „Атомная энергия – 2010“

АЭС	Владелец	Ситуация с получением разрешения	Кредитные гарантии	Тип реактора	Предполагаемый ввод в эксплуатацию
Calvert Cliffs 3	Unistar	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 3.08	в „коротком списке“ кандидатов	EPR	?
South Texas 3, 4	NRG	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 9.07	в „коротком списке“ кандидатов	ABWR	?
Bellefonte 3, 4	TVA	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 10.07	поддержка невозможна	AP-1000	?
North Anna 3	Dominion	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 11.07	гарантии запрошены	ESBWR	?
Lee 1, 2	Duke	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 12.07	гарантии запрошены	AP-1000	2021-23
Harris 2, 3	Progress	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 2.08	гарантии не запрошены	AP-1000	2019-20
Grand Gulf 3	Entergy	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 2.08	гарантии запрошены	ESBWR	отложено
Vogtle 3, 4	Southern	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 3.08	в „коротком списке“ кандидатов	AP-1000	2016
Summer 2, 3	SCANA	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 3.08	в „коротком списке“ кандидатов	AP-1000	2016-19
Callaway 2	Ameren UE	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 7.08	гарантии запрошены	EPR	отложено
Levy 1, 2	Progress	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 7.08	гарантии запрошены	AP-1000	2019-20
Victoria 1, 2	Exelon	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 9.08	гарантии запрошены	ESBWR	отложено
Fermi 3	DTE Energy	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 9.08	гарантии не запрошены	ESBWR	?
Comanche Peak 3, 4	TXU	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 9.08	первая строка в резервном списке	APWR	?
Nine Mile Point 3	Unistar	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 10.08	гарантии запрошены	EPR	отложено
Bell Bend	PPL	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 10.08	гарантии запрошены	EPR	2018

Amarillo 1, 2	Amarillo	?		EPR	?
River Bend	Entergy	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 9.08	гарантии запрошены	ESBWR	отложено
Elmore	Unistar	?		EPR	отложено
Turkey Point 6, 7	FPL	Ходатайство о разрешении на строительство и эксплуатацию подано 3.09	?	AP-1000	2018-20

Источник: сообщения в прессе

Примечание: подробные сведения об отдельных проектах приведены в приложении 4

По закону об энергетике для первого и второго блока реакторов вводится страхование риска размером до 500 миллионов долларов, для 3-6 блоков – до 250 миллионов. Страховой случай имеет место, если не удаётся вовремя согласовать строительство АЭС по причинам, не зависящим от подателя ходатайства. Кроме того, закон предусматривает финансовую поддержку исследований и разработок в размере 850 миллионов, а также помощь при выводе из эксплуатации в размере 1,3 миллиарда долларов США.

Но вскоре стало ясно, что гарантии по кредитам были важнейшей частью пакета субсидий и что размер покрытия недостаточен, чтобы обеспечить энергетическим компаниям новые заказы. Изначально предполагалось, что федеральные гарантии покроют до 80 процентов привлечённого капитала. Если около 60 процентов строительных издержек финансируются за счёт кредитов (остальное – собственный капитал), то это составляет примерно половину всех затрат на станцию. Однако энергетические компании активно выступали за то, чтобы привлечённый капитал, за счёт которого будет финансироваться 80 процентов расходов по проекту, покрывался бы гарантиями полностью. Банки тоже высказались за стопроцентное покрытие. В декларации 2007 года, подписанной шестью крупнейшими инвестиционными банками с Уолл Стрит („Сити Групп“, „Креди Сюисс“, „Голдмэн Сакс“, „Леман Бразерс“, „Мерил Линч“ и „Морган Стэнли“), содержалось обращение к министерству энергетики: банки не будут кредитовать новые АЭС, если налогоплательщики не возьмут на себя целиком весь риск⁴⁶.

В государствах, где энергетический рынок не либерализован так сильно и энергетические компании работают по государственным тарифам,

46. Высказывания инвесторов о сообщении министерства энергетики относительно планов в сфере законодательства, 2 июля 2007 г.

кредитные гарантии не играют такой важной роли. Если правительство, как это уже не раз бывало, позволяет энергетической компании возвращать затраты на строительство АЭС ещё до её ввода в эксплуатацию через тарифы на поставляемую электроэнергию, то риск в ещё большей мере перекладывается на потребителя. В такой ситуации кредиторы предлагают свои услуги по гораздо более низким ставкам, чем для атомных электростанций, которым предстоит конкурировать на рынке.

Область применения государственных финансов была существенно расширена. Изначально гарантии планировались только для трёх АЭС (до шести блоков), потом речь уже пошла о гарантиях для трёх блоков каждого „инновационного“ типа. В надзорное ведомство к 2008 году были представлены на сертификацию пять „инновационных проектов“, по которым можно было ходатайствовать о кредитных гарантиях для 15 реакторов. Вот эти пять типов реакторов: AP-1000 от „Вестингхаус“, EBWR от „GE-Хитачи“⁴⁷, ABWR от „GE-Хитачи“, EPR от „Арева НП“ и APWR от „Мицубиси“.

Когда в 2002 году началась реализация программы, расчётные строительные издержки составляли одну тысячу долларов на киловатт-час. Гарантии, необходимые для покрытия 50 процентов общих издержек на шесть станций мощностью примерно по 1400 мегаватт, составили бы 4,2 миллиарда долларов. Если же мы исходим из того, что поддержку получают 15 блоков реакторов, а финансовые гарантии – до 80 процентов, т.е. шесть тысяч долларов за киловатт-час, то в 2008 году эти гарантии вылились бы в сумму, намного превышающую 100 миллиардов долларов.

На основании закона об энергетике, принятого в 2007 году, американское министерство энергетики располагало в 2008-09 году суммой в 18,5 миллиардов долларов на гарантии по кредитам для АЭС. В феврале 2009 года в программу гарантий были включены пять проектов-кандидатов: Southern Company (Vogtle), South Carolina Electric&Gas (Summer), Unistar Nuclear Energy (Calvert Cliffs), NRG (South Texas) и проект Comanche Peak. В результате остались четыре проекта; проект Comanche Peak в мае 2009 года был переведён на первое место в „резервном списке“ (в приложении 4 подробно описано, насколько успешно реализуются атомные проекты в США).

4.1 Предполагаемые результаты

В результате проверки реакторов всех типов, проводившейся NRC, возникли трудноразрешимые вопросы. Япония в течение десяти лет

47. „Тошиба“ продаёт ABWR и независимо от „GE-Хитачи“.

была близка к тому, чтобы заказать строительство реактора APWR, но по неизвестным причинам сделка так и не состоялась. В США имеется один-единственный клиент, и если проект затормозится, а японское правительство продолжит медлить, то эта технология едва ли будет иметь какое-то будущее.

Технология ESBWR за пределами США не пользуется популярностью, а в США она с 2008 года потеряла трёх из пяти клиентов. Эти клиенты негативно отозвались о неточности данных относительно строительных издержек и выразили сомнение в том, что данная технология „созрела“ для выхода на рынок. Оставшиеся два партнёра ESBWR – “Dominion” и “DTE Energy” – не попали в „короткий список“ кандидатов на получение госгарантий. Если эти проекты так и не будут реализованы, то технологию ESBWR вряд ли ждёт успех на рынке. В этом случае под угрозой окажется даже будущее GE в качестве производителя реакторов.

Единственным клиентом для технологии ABWR является компания NRG. В ходе работы над этим проектом в конце 2009 года возникли серьёзные проблемы из-за резкого роста расходов. Важное преимущество технологии ABWR заключается в том, что она уже показала себя на практике и имеет допуск надзорного ведомства NRC. Однако срок действия этого допуска истекает в 2012 году, поэтому для всех новых проектов будет нужна новая сертификация. Кроме того, пока нет информации от NRG относительно того, насколько серьёзные изменения придётся вносить в проект – например, будет ли обязательна защита от падения самолёта на АЭС. Поэтому преимущество ABWR – его испытанность на практике – окажется несостоятельным, если список необходимых изменений проекта окажется длинным и проверка этих изменений затянется.

Престижу технологии EPR серьёзно навредили проблемы в Олкилуото (и во Фламанвиле). Ещё более осложнили ситуацию планы европейских властей относительно налоговой системы. Три из шести проектов EPR, судя по всему, заморожены, и только проект в Калверт Клифс реализуется достаточно активно.

Наилучшие перспективы, судя по всему, у технологии AP-1000. По этой технологии предполагается построить 14 из 31 нового реактора, она используется в двух из четырёх проектов в списке кандидатов на получение госгарантий. В это число входит, например, проект Vogtle, который, вероятно, первым получит государственные гарантии по кредитам. Ни один из проектов с использованием AP-1000 не заморожен, хотя это представляется возможным для проекта в Бельфонте. Реактор типа AP-1000 получил согласование Комиссии по ядерному

регулированию США (NRC) ещё в 2006 году. Однако затем компании „Вестингхаус“ и „Тошиба“ представили переработанные проекты, которые пройдут полную проверку не ранее 2011 года. „Вестингхаус“ и „Тошиба“ по обе стороны Атлантики пытаются устранить проблемы с дизайном AP-1000, связанные с недостаточной надёжностью сооружения, защищающего реактор. В феврале 2010 года уже британское надзорное ведомство указало на проблемы этой модели реакторов ⁴⁸.

Кредитных гарантий в размере 18,5 миллиарда долларов, выданных правительством США до конца 2009 года, хватило бы, пожалуй, только на два проекта. Кроме того, пока неясно, какой налог придётся заплатить энергетическим компаниям за эти гарантии. Если исходить из того, что кредитные гарантии являются по сути дела страховым полисом, то „премия“ должна отражать риск невозврата средств. Бюджетные контролёры конгресса запланировали риск невозврата на уровне 25 процентов (на самом деле 50 процентов, но половину можно вернуть за счет продажи оборудования АЭС). Энергетические компании, которые берут, например, для проекта с двумя блоками реакторов заём в десять миллиардов долларов, вряд ли смогут заплатить за кредитные гарантии 2,5 миллиарда долларов. Компании хотели бы, чтобы оплата за пользование госгарантиями составляла один процент ⁴⁹, однако по политическим причинам вряд ли это требование будет выполнено.

В феврале 2010 года правительство Обамы одобрило повышение кредитных гарантий в бюджете на 2011 год с 18,5 до 54,5 миллиардов долларов (этого хватило бы на 12 блоков реакторов) ⁵⁰. В том же месяце министерство энергетики сообщило, что на проект Vogtle (штат Джорджия), то есть на два реактора AP-1000, выделены кредитные гарантии в размере 8,33 миллиарда долларов ⁵¹. Гарантии должны покрыть семь процентов затрат (по крайней мере, для главного совладельца – “Georgia Power”). Какие выплаты появятся в связи с этой суммой – не уточняется. Запланированные затраты на станцию составляют примерно 11,9 миллиарда долларов, или пять тысяч долларов за киловатт-час. Надзорное ведомство в штате Джорджия разрешило владельцу уже сейчас начать перекладывать строительные

48. Если проблемы не удастся решить за определённый промежуток времени, то органы безопасности могут отказать в согласовании проекта, см.: <http://news.hse.gov.uk/2010/02/16hse-raise-regulatory-issue-ri-against-westinghouses-ap1000-nuclear-reactor-design/>

49. Electric Utility Week: “Change to DOE Guarantee Program Boosts Nuclear Hopefuls; Size of Fee Remains an Issue”, 14 декабря 2009 г.

50. Associate Press: “A Look at Obama’s 2011 Budget for Gov’t Agencies”, 1 февраля 2010 г.

51. Washington Post: “Obama To Help Fund Nuclear Reactors”, 17 февраля 2010 г.

затраты на потребителей (см. приложение 4). Таким образом, любой банк, дающий кредиты на этот проект, защищён дважды: один раз с помощью кредитных гарантий правительства (налогоплательщиков), а второй – благодаря оплате расходов потребителями.

Такая модель двойной защиты показывает, что строительство атомных электростанций возможно, когда правительство готово предоставить достаточно субсидий. Однако это было бы оправдано только для демонстрационных установок, когда проект реализуется с трудом и налогоплательщики с потребителями вынуждены брать на себя дополнительные расходы.

5. Британская атомная программа

Программа британского правительства основана на совсем иных предпосылках, чем американская. Правительство Великобритании никогда не утверждало, что атомная энергия способна напрямую конкурировать с традиционными источниками энергии. Однако с учётом стоимости выбросов CO₂, составляющей 36 евро за тонну, атомная энергия оказывается конкурентоспособной. Если штрафы будут действительно так велики, то заказы на строительство АЭС начнут поступать и без государственной поддержки. Необходимо лишь принять несколько решений, связанных не с финансированием, а с планированием и согласованием реакторов разных типов. Когда британское правительство в 2008 году снова вернуло атомную энергию в повестку дня, оно рассчитывало на строительные затраты около 1250 фунтов за киловатт – это реальный рост затрат на 20 процентов по сравнению с 2002 годом ⁵².

В 2007 году государственное надзорное ведомство по атомной энергии НП начало проверку реакторов четырёх типов: AP-100 от „Вестингхаус/Тошиба“, европейского реактора с водой под давлением (EPR) от „Арева НП“, ESBWR от „GE-Хитачи“ и канадский реактор на тяжёлой воде ACR-1000 (Advanced CANDU Reactor). Для того, чтобы у энергетических компаний был выбор, нужно было лицензировать 2-3 типа реакторов. Но большинство наблюдателей считали, что окончательное решение будет принято в пользу EPR или AP-1000 – так оно и произошло. ACR-1000 был вскоре исключён из набора опций, а в конце 2008 года и ESBWR постигла та же участь.

Ведомство НП испытывало большие трудности с набором необходимого числа контролёров. По состоянию на ноябрь 2008 года не хватало

52. Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform: Meeting the Energy Challenge: A White Paper on Nuclear Power, Cm 7296, HMSO, Лондон, стр. 61. <http://berr.gov.uk/files/file43006.pdf>

ещё 40 сотрудников (примерно 20 процентов), в июле 2009-го – 54 сотрудника (24 процента)⁵³. Некоторые предприятия, например, EDF (Électricité de France), работающие в Великобритании, заявили, что способны и без государственной поддержки заказывать строительство АЭС.

Реалистичный анализ показывает, что на протяжении минимум пяти лет заказов на строительство АЭС не будет. Это время потребуется на сертификацию выбранного типа реактора и на согласование места строительства станции. Три предприятия уже взяли на себя существенные обязательства по строительству АЭС в Великобритании: EDF, RWE и E.ON (два последних объединены в один консорциум). Предприятие EDF в 2008 году приобрело примерно за 15 миллиардов евро британского производителя электроэнергии “British Energy”, консорциум RWE/E.ON в 2009 году купил участки поблизости от существующих АЭС на сотни миллионов евро. И EDF, и консорциум RWE/E.ON собираются заказать по четыре установки общей мощностью в 10-12 гигаватт. Судя по всему, EDF закажет сооружение реактора EPR, а RWE/E.ON ещё не определились.

5.1 Предполагаемые результаты

В 2009 году британское правительство предпринимало активные усилия ради того, чтобы заключались договоры на строительство новых АЭС. Но сохранится ли такая позиция правительства после того, как будут заключены реальные договоры – пока неизвестно. Предприятие EDF активно действует в Великобритании и в 2009 году приобрело примерно за 15 миллиардов евро компанию “British Energy”. Эта цена представляется сильно завышенной и оправданной лишь в том случае, если будут строиться новые АЭС.

Компания “British Energy” в 2002 году стала банкротом, потому что эксплуатационные расходы в размере 16 фунтов за мегаватт-час немного превысили цену, по которой предприятию удавалось продавать электроэнергию. С тех пор эксплуатационные расходы только росли с каждым годом; в 2008/09 году они достигли уровня в 41,3 фунта за мегаватт-час. В этот период компания “British Energy” оставалась платёжеспособной лишь благодаря тому, что оптовые цены на электроэнергию в этот период держались на необычайно высоком уровне, и ей удавалось сбывать электричество по цене в 47 фунтов за мегаватт-час. Если же эксплуатационные расходы продолжат расти и/или оптовые цены снизятся (в конце 2009 года они были заметно ниже максимальных показателей 2008 года), то “British Energy” мо-

53. Inside NRC: “UK’s NII Short on Inspectors, Sees Years of Recruitment Struggle”, 20 июля 2009 г., стр. 9.

жет снова оказаться на грани банкротства. Теоретически предприятие EDF могло бы просто отказаться от “British Energy” (оно купило британскую фирму через свою стопроцентную дочернюю компанию “Lake Acquisitions”), но этого, скорее всего, не случится по политическим причинам. Консорциум RWE/E.ON вложил несколько сот миллионов фунтов в покупку земельных участков, но пока ими не воспользовался и, следовательно, может достаточно безболезненно выйти из британской атомной программы.

По состоянию на начало 2010 года в Великобритании всё ещё оставалось 3-4 года до завершения всех испытаний безопасности реакторов разных типов, позволяющих согласовать строительство АЭС на конкретных территориях – до того момента, когда можно будет заключать договоры на строительство. К этому моменту возобновляемые источники энергии и энергосберегающие технологии едва ли смогут составить реальную конкуренцию АЭС. Это означает, что Великобритании придётся строить АЭС или гасить свет. В такой ситуации правительство пойдёт на любые уступки энергетическим компаниям.

В феврале 2010 года британское правительство впервые отошло от своей политики отказа от предоставления субсидий. Министр энергетики Эд Милибенд сказал газете „Таймс“⁵⁴:

Британский оптовый рынок электроэнергии, на котором идёт торговля электричеством при участии продавцов, покупателей и бирж, не даёт достаточных гарантий предприятиям, разрабатывающим ветряные установки и атомные станции. [Милибенд] считает, что можно вернуться к привязке оплаты к мощностям, когда владельцы электростанции получают оплату не только за выработанную электроэнергию, но и за те мощности, которые у них в данный момент простаивают. Идея заключается в том, чтобы придать больше уверенности тем, кто инвестирует в возобновляемые источники и в атомную энергию.

На следующий день “Ofgem”, государственное ведомство по экономике энергии, сообщило⁵⁵:

Перед лицом разразившегося беспрецедентного мирового финансового кризиса, амбициозных целей в области охраны окружающей среды, усиливающейся зависимости от импорта газа и остановки старых электростанций появились обоснованные сомнения в том, смогут ли действующие соглашения в сфере энергетики обеспечить надёжное энергоснабжение (...). Наблюдается всё более устойчивый консенсус

54. The Times: “Labour Prepares To Tear Up 12 Years of Energy Policy”, 1 февраля 2010 г.

55. Ofgem: “Action Needed To Ensure Britain’s Energy Supplies Remain Secure”, публикация в прессе R5, февраль 2010 г. <http://ofgem.gov.uk/Media/PressRel/Documents1/Ofgem%20-%20Discovery%20phase%20II%20Draft%20v15.pdf>

относительно того, что современная система торговых соглашений и других стимулов не имеет перспектив в своём нынешнем виде...

Если эти высказывания приведут к тому, что АЭС получают значительные финансовые средства независимо от того, будут они работать или нет, а на место оптового рынка придёт более регламентированная (и экономически менее рискованная) система, то в таком случае доходы владельцев АЭС за счёт потребителей будут гарантированы в такой мере, которая сделает возможным финансирование новых станций на выгодных условиях.

6. Германия

В Германии эксплуатируются 17 АЭС. В 2002 году парламент принял закон о прекращении использования атомной энергии, в соответствии с которым все эти реакторы должны быть остановлены после истечения срока их эксплуатации, составляющего в среднем 32 года. Энергетические компании имеют право выработать на АЭС ещё 2623 миллиарда киловатт-часов электроэнергии (это соответствует мировому производству на АЭС за год) и переносить неиспользованные киловатт-часы с одного реактора на другой. Два реактора, в Штаде и в Обригхайме, уже выведены из эксплуатации. Третий реактор, в Мюльхайм-Керлихе, работавший с 1988 года, был отключён навсегда. Был введён запрет на строительство новых АЭС и на переработку отработавшего топлива (кроме того, которое было отправлено на регенерационные установки до 30 июня 2005 года).

Некоторые полагали, что избранное в 2009 году федеральное правительство пересмотрит политику прекращения использования атомной энергии, и это может привести к новым заказам на строительство АЭС. Однако коалиция СвДП, ХСС и ХДС пока не меняла закон об атомной энергии, зато дала понять, что собирается продлить сроки эксплуатации станций. Политика прекращения использования атомной энергии остаётся прежней ⁵⁶.

Хотя всем ясно, что RWE и E.ON желали бы строить новые АЭС, прежде всего они заинтересованы в том, чтобы продолжать эксплуатировать имеющиеся. Если правительство не примет никаких мер, то в 2010 году будут остановлены две электростанции: Неккарвестхайм-1 и Библис-А. Если же срок эксплуатации этих станций будет продлён, то они будут вырабатывать очень дешёвую электроэнергию, потому что инвестиции в них уже возвращены (и если не потребуются ремонт или

56. Nucleonics Week: "New German Government Wikk Postpone Nuclear Policy Decisions until Late 2010", 5 ноября 2009 г.

переоснащение). По оценке экономиста Вольфганга Пфаффенбергера, дополнительная прибыль может составить до 200 миллиардов евро, если срок службы имеющихся реакторов увеличат до 60 лет⁵⁷.

7. Другие рынки

Хотя многие страны выражали заинтересованность в новых АЭС, началу строительства предшествует долгий путь, на котором могут поджидать многочисленные проблемы. Поэтому в этом разделе мы сконцентрируем внимание на ключевых рынках, на которых уже прошли конкурсы на строительство АЭС, а также на странах, которые пытаются продолжить возведение недостроенных станций.

7.1 Объединённые Арабские Эмираты

В декабре 2009 года Объединённые Арабские Эмираты заказали у Южной Кореи четыре атомных реактора с технологией AP-1000. Корея сумела обойти таких конкурентов, как консорциум под руководством EDF („GDF Suez“, „Арева“, „Тоталь“ и ERP), и „GE-Хитачи“⁵⁸. В договоре, заключённом с компанией „Korean Electric“, предусмотрено, что это предприятие построит реакторы и будет их эксплуатировать, причём первый блок начнёт работу в неизвестном пока месте в 2017 году, а последний – в 2020-ом. Атомные реакторы проектируются, возводятся и эксплуатируются компанией KERCO. Часть работ передаётся субподрядчикам – фирмам „Хёндэ“, „Дусан“ и „Самсунг“. Об условиях договора ничего не известно, сумма договора составляет, предположительно, 20,4 миллиарда долларов. Есть сведения, что предложение корейцев было на 16 миллиардов долларов дешевле, чем французское (а предложение „GE-Хитачи“ было ещё дороже)⁵⁹. Судя по всему, договором не предусматривается возведение станции „под ключ“ по фиксированной цене. Будет создано совместное предприятие с долевым участием корейских предприятий и государственных предприятий из Объединённых Арабских Эмиратов, которые будут эксплуатировать электростанции после их запуска⁶⁰. Пока неясно, каким образом будет осуществляться финансирование.

Могут возникнуть многочисленные проблемы:

57. Nucleonics Week: „Tax Revenue from Longer Lifetimes No Incentive for New German Regime“, 4 декабря 2009 г.

58. Korea Herald: „Korea Wins Landmark Nuclear Deal“, 28 декабря 2009 г.

59. Right Vision News: „UAE: Middle East Leads Rally in Nuclear Plant Orders“, 12 января 2010 г.

60. International Oil Daily: „South Korean Consortium Awarded UAE Nuclear Contract“, 29 декабря 2009 г.

Технология ещё не опробована: опыт работы с реактором этого типа пока ограничивается одним годом строительства.

В регионе нет опыта работы с атомными технологиями.

Будет сложно соблюсти сроки. Цена по договору примерно на 40 процентов ниже, чем предполагаемые расходы на аналогичную станцию в США.

Южнокорейская атомная промышленности не располагает опытом экспорта реакторов.

В Объединённых Арабских Эмиратах отсутствует инфраструктура для эксплуатации АЭС. Ведомство, контролирующее безопасность АЭС, было создано только в конце 2008 года.

7.2 ЮАР

ЮАР в своей атомной программе с 1998 года возлагает большие надежды на реакторы типа RBMR (Pebble Bed Modular Reactor – модульный реактор с шаровой засыпкой активной зоны). Но в 2006 году стало ясно, что такие блоки появятся в лучшем случае ещё нескоро, а в худшем – вообще никогда. Маловероятно, что RBMR заработает до 2020 года даже в виде демонстрационного образца. Так или иначе, южноафриканская государственная энергетическая компания „Эском“ больше не собирается заказывать строительство реакторов этого типа.

Правительство ЮАР и „Эском“ приняли программу развития так называемых „традиционных АЭС“. Как и в случае с RBMR, оценки временных и финансовых затрат были абсолютно нереалистичными. В 2006 году правительство ЮАР исходило из того, что новый реактор заработает между 2010 и 2012 годом ⁶¹.

В середине 2007 года компания „Эском“ ещё предполагала создать до 2025 года новых мощностей АЭС в объёме 20 тысяч мегаватт – несмотря на то, что даже ввод в строй первого реактора был перенесён на 2014 год ⁶². По смете предприятия, строительные затраты составят 2500 долларов за киловатт. В ноябре 2007 был объявлен конкурс на строительство мощностей объёмом в 3200-3400 мегаватт в ближайшем будущем и 20 тысяч мегаватт до 2025 года. В январе 2008 года компания „Эском“ получила два предложения. Одно из них – на строительство двух EPR (и ещё десяти в долгосрочной перспективе) от „Арева“, а второе – на три реактора AP-1000 (и ещё 17 в долгосрочной перспективе) от „Вестингхаус“ ⁶³. Оба предприятия утверж-

61. Sunsay Times (South Africa): “SA Going Nuclear”, 24 июня 2006 г.

62. Nucleonics Week: “Cabinet Mulls Policy as Eskom Launches Consultation on New Plant”, 7 июня 2007 г.

63. Nucleonics Week: „Eskom Gets Bids for Two EPRs, Three AP1000s, “Bigger Fleet”“, 7 февраля 2008 г.

дали, что речь идёт о строительстве станций „под ключ“. Неясно, впрочем, предлагают ли они поставку по фиксированной цене или речь идёт лишь о том, что их коммерческое предложение включает в себя всю станцию целиком.

Позднее поступили сообщения, что предложения основывались на цене примерно в шесть тысяч долларов за киловатт – это более чем вдвое превышает запланированную цену⁶⁴. Поэтому не стало сюрпризом то, что компания „Эском“ в декабре 2008 года отклонила эти предложения на том основании, что такие крупные инвестиции для неё непосильны⁶⁵. „Эском“ по-прежнему утверждает, что будет строить новые АЭС, но компания вряд ли сможет финансировать их строительство.

И это несмотря на то, что “Coface” (Compagnie Française d’ Assurance pour le Commerce Extérieur), кредитный страховщик французского правительства, был готов предоставить гарантии по кредиту, а руководство „Арева“ утверждало, что вопрос с финансированием уже решён на 85 процентов⁶⁶. В феврале 2009 года компания „Эском“ отбросила планы строительства высокотемпературных реакторов⁶⁷.

В соответствии с докладом “Engineering News”, сомнения вызывали прежде всего платёжеспособность „Эском“⁶⁸:

Рейтинговое агентство Standard&Poor’s в четверг заявило, что министерство финансов ЮАР должно незамедлительно предоставить безусловные гарантии по всем долгам „Эском“, чтобы сохранить для этой энергетической компании кредитный рейтинг BBB+. Министерство финансов до сих пор не заявило о своей позиции относительно деталей соглашения. Руководство „Эском“ приняло решение прервать процесс выдачи подрядов в рамках проекта “Nuclear-1”.

Этот случай показывает, что одних только кредитных гарантий недостаточно для финансирования атомных проектов. Если кредитоспособность энергетической компании поставлена под сомнение, то возникают трудности с реализацией проекта.

7.3 Канада

В 2007 году государственное надзорное ведомство “Ontario Power Authority” (OPA), провинция Онтарио, пользовалось в своих расчётах

64. Nucleonics Week: “Big Cost Hikes Make Vendors Wary of Releasing Reactor Cost Estimates”, 11 сентября 2008 г.

65. Week: “Eskom Cancels tender for Initial Reactors”, 11 декабря 2008 г.

66. The Star, “Nuclear Bid Had Funding”, 30 января 2009 г.

67. PBMR Pty, “PBMR Considering Change in Product Strategy”, 5 февраля 2009 г. <http://www.pbmr.co.za/index.asp?Content=218&Article=104&Year=2009>.

68. Engineering News: “Eskom Terminates Nuclear 1 Procurement Process, but SA Still Committed to Nuclear”, 5 декабря 2008 г.

строительства АЭС ценой в 2900 канадских долларов за киловатт⁶⁹. 16 июня 2008 года канадское правительство заявило о том, что новая АЭС с двумя блоками будет построена в Дарлингтоне, провинция Онтарио. 20 мая 2009 года просочилась информация о том, что правительство провинции Онтарио предпочло предложение не „Арева“ и „Вестингхаус“, а AECL. По плану предполагалось к 2018 году ввести в строй два новых реактора. Однако по некоторым сообщениям, правительство Онтарио поставило своё согласие в зависимость от финансовых гарантий федерального правительства⁷⁰. Поступило три предложения: одно от „Арева“, одно от „Вестингхаус“ и одно от AECL, но только предложение AECL отвечало требованию: подрядчик должен взять на себя ответственность за факторы риска при строительстве⁷¹.

По некоторым сообщениям⁷², предложение „Арева“, не отвечавшее условиям конкурса, имело цену в 21 миллиард долларов США за два реактора EPR (по 1600 мегаватт каждый) или 6600 долларов США за киловатт, в то время как предложение AECL, отвечавшее условиям конкурса, имело цену в 23 миллиарда долларов за два реактора ACR-1000 (по 1200 мегаватт каждый) или 9600 долларов за киловатт. Предложение AECL почти в четыре раза превышало смету, составленную ОРА двумя годами ранее. Предложение „Вестингхаус“ находилось где-то посередине по своим характеристикам. Поэтому неудивительно, что провинция Онтарио отменила конкурс.

„Арева“ впоследствии оспаривала сообщения прессы, но не предоставила достоверной информации о своём коммерческом предложении. По некоторым сообщением в предложении был ещё ряд пунктов, например, строительство электросетей для переправки электричества из Дарлингтона на северо-восток США, а также затраты на топливо в течение 60 лет и затраты на остановку⁷³.

Поскольку AECL не получила заказ, будущее предприятия в качестве строителя АЭС повисло в воздухе; в конце 2009 года предприятие AECL было выставлено на продажу⁷⁴.

69. Toronto Star: “Nuclear Bid Rejected for 26 Billion: Ontario Ditched Plan for New Reactors over High Price Tag That Would Wipe Out 20-Year Budget”, 14 июля 2009 г.

70. The Globe and Mail: “AECD Favoured to Build Ontario Reactors: Sources”, 20 мая 2009 г.

71. Nucleonics Week: “Areva Disputes EPR Cost Figure as Canadians Grapple with Risk Issue”, 23 июля 2009 г.

72. Toronto Star: “Nuclear Bid Rejected”, 14 июля 2009 г.

73. Nucleonics Week: “Areva Disputes EPR Cost”, 23 июля 2009 г.

74. The Globe and Mail: “Canada Puts Its Nuclear Pride on the Block”, 18 декабря 2009 г.

7.4 Турция

Турция уже более 30 лет проводит конкурсы на строительство АЭС, но до сих пор так и не заказала ни одной. В 2008 году Турция объявило конкурс на строительство АЭС мощностью 3-5 тысяч мегаватт. При этом подрядчики должны были не только нести затраты на строительство, но ещё и эксплуатировать АЭС в течение 15 лет, продавая электроэнергию по фиксированной цене ⁷⁵ – огромный риск. Хотя поступали сообщения о том, что этим проектом интересовались „GE-Хитачи“, „Тошиба/Вестингхаус“, „Корея Электрик“ и „Арева“, в январе 2009 года, в конце срока конкурса, который пришлось продлить, поступило только одно предложение – от российской компании „Атомстройэкспорт“, составлявшее примерно 211,6 долларов за мегаватт-час ⁷⁶. После того, как государственное энергетическое предприятие „TETAS“ объявило правительству, что эта цена слишком высока, она была понижена до 151,6 доллара за мегаватт-час ⁷⁷. В ноябре 2009 года турецкое правительство отменило конкурс, поскольку опасалось, что его могут признать недействительным по решению суда из-за жалобы турецкого союза инженеров⁷⁸.

7.5 Италия

В 1987 году четыре итальянские АЭС были остановлены по результатам референдума, строительство новой АЭС также было прекращено. Правительство Берлускони добилось принятия законов, позволяющих возобновить строительство АЭС в Италии. Могут быть построены четыре реактора EPR мощностью по 1650 мегаватт, причём в соглашении между французским концерном EDF и итальянской энергетической компанией ENEL, заключённом в феврале 2009 года, начало строительства запланировано уже на 2013 год.

Руководство ENEL пока не определилось с местом строительства. Затраты составят, предположительно, от 4 до 4,5 миллиардов евро или 3600-4000 долларов за киловатт ⁷⁹. Имели место спекуляции на тему предложений от конкурентов, например, от консорциума под руководством миланской компании A2A, предлагавшего

75. Nucleonics Week: “GE-Hitachi Plans Bid To Build ABWR in Turkey; Other Vendors Cautious”, 11 сентября 2008 г.

76. Prime-Tass English-language Business Newswire: “DJ Atomstroyexport Grp Revises Bid in Turkish Nuclear tender “IHA”, 19 января 2009 г.

77. Turkey Today: “State-run TETAS Presents Report on Nuclear Power Tender to Energy Ministry”, 30 июня 2009 г.

78. Agence France Presse: “Turkey Scraps Nuclear Power Plant Tender”, 20 ноября 2009 г.

79. Nucleonics Week: “Enel Targets 2020 for Operation of First Italian EPR Unit”, 8 октября 2009 г.

строительство реакторов типа AP-1000. Однако эти проекты продвинулись далеко не в такой степени, как проекты ENEL ⁸⁰.

7.6 Бразилия

В Бразилии в настоящее время работают два атомных реактора. Первый из них, Ангра-1, был построен в 1970 году фирмой „Вестингхаус“ и начал работу в 1981 году. В 1975 году Бразилия заключила с Германией, вероятно, самый крупный договор в истории атомной промышленности: в течение 15 лет предполагалось построить восемь реакторов мощностью по 1300 мегаватт. Но всё закончилось фиаско. Из-за роста государственных долгов Бразилии и интереса бразильских военных к атомному оружию практически вся программа была отменена. Только один новый реактор, Ангра-2, был запущен в июле 2000 года, спустя 24 года после начала строительства. Строительство Ангра-3 было остановлено в июне 1991 года. Попытки государственного предприятия „Электронуклеар“ возобновить строительство неизменно заканчивались неудачей. По некоторым сообщениям, работы должны возобновиться в октябре 2009 года, предполагается, что реактор будет готов к 2015 году ⁸¹. В январе 2010 года „Арева“ запросила у немецкого правительства экспортные гарантии на завершение проекта Ангра-3 в размере 1,4 миллиарда евро ⁸².

Кроме того, бразильское правительство надеялось, что к концу 2009 года сможет назвать места строительства четырёх новых реакторов. Министр энергетики Эдисон Лобао объявил, что каждый из этих реакторов обойдётся примерно в три миллиарда долларов и будут иметь мощность до 1500 мегаватт. Запланированные расходы в 2000 долларов за киловатт представляются крайне нереалистичными, и можно усомниться в том, что Бразилия в ближайшие пять лет будет заказывать строительство новых АЭС.

7.7 Восточная Европа

В этом разделе речь пойдёт прежде всего об усилиях Болгарии, Румынии и Словакии по возобновлению работ на недостроенных АЭС. В балтийских странах, в Польше и Чехии обсуждаются идеи строительства новых АЭС. Но во всех этих случаях далеко до конкретных подрядов на строительство. В Болгарии, Румынии и Словакии завершение недостроенных объектов было отложено на срок до десяти лет, и нет уверенности, что это завершение когда-то состоится.

80. Nucleonics Week: „Milan Utility A2A Could Become Hub of AP1000 Consortium for Italy”, 22 октября 2009 г.

81. Esmerk Brazil News: „Brazil: Angra 3 Works Start”, 13 октября 2009 г.

82. die tageszeitung: „Siemens will Staatshilfe für Atom-Export”, 7 января 2010 г.

7.7.1 Словакия

В Моховце было запланировано строительство четырёх советских реакторов типа ВВЭР-440. Работы были прерваны в 1990 году, затем строительство двух реакторов было продолжено и завершилось в 1998 и 1999 годах. В октябре 2004 года итальянская компания ENEL приобрела 66 процентов предприятия „Словенске Электрарне“ (SE). ENEL предлагала инвестировать почти два миллиарда евро в новые электростанции, а также в завершение строительства третьей и четвёртой очереди в Моховце. В феврале 2007 года предприятие SE объявило о продолжении строительства этих объектов, а ENEL выразила готовность вложить 1,8 миллиарда евро. Европейская Комиссия в июле 2008 года разрешила возобновление работ, но указала на то, что реактор не имеет надлежащей защитной оболочки и потребовала доработки проекта на случай падения небольших самолётов. Несмотря на давление словацкого правительства, работы возобновились только в июне 2009 года. Два реактора должны быть построены в 2012 и 2013 годах.

7.7.2 Румыния

На момент подписания договора в 1980 году предусматривалось строительство пяти реакторов типа CANDU в Чернаводе. Строительство началось в 1980-ом, в дальнейшем основное внимание уделялось завершению первого блока, который дал энергию в 1996 году. Вторая очередь была завершена в 2007 году, существуют планы по вводу ещё двух блоков. В Румынии стремились к тому, чтобы сделать из компании SNN, в ведение которой перейдёт строительство, эксплуатация и техобслуживание АЭС, и частного инвестора новую независимую энергетическую компанию, осуществляющую поставки электроэнергии. С кредитованием возникли проблемы, сроки постоянно сдвигались. Изначально предполагалось, что третий блок вступит в строй в октябре 2014 года, а четвёртый – в середине 2015-го. Этим планам не суждено было сбыться. Первый из этих блоков будет готов не ранее 2016 года ⁸³.

7.7.3 Болгария

В 2003 году правительство объявило, что хочет возобновить строительство в Белене, на севере Болгарии. Строительство этого реактора началось в 1985 году, но после политических изменений в 1989

83. Nucleonics Week: “Economic Crisis Ends Romanis’s Plan for Majority Stake in Cernavoda-3, 4”, 3 сентября 2009 г.

году работы были прерваны и в 1992 году официально прекращены. В 2004 году был объявлен конкурс на завершение строительства реактора мощностью две тысячи мегаватт. В октябре 2006 года заказ на четыре миллиарда евро получил консорциум под руководством российского предприятия „Атомстройэкспорт“ (ASE).

Для строительства в Белене был создан консорциум, в котором 51 процент и решающее слово принадлежат государственному предприятию НЕК; остальные доли были реализованы на рынке. В конце 2008 года немецкое предприятие RWE было представлено в качестве стратегического инвестора, который вложит в проект 1,275 миллиарда евро и предоставит заём размером в 300 миллионов евро. Это привело к тому, что в декабре 2008 года было образовано совместное предприятие „Belen Power Company“. Впоследствии RWE всё же вышла из проекта. В конце 2009 года ситуация с финансированием всё ещё оставалась неясной ⁸⁴.

7.7.4 Другие страны

В 2009 году государственное чешское энергетическое предприятие CEZ объявило конкурс на строительство двух новых реакторов в Темелине, где уже эксплуатируются два реактора, с возможностью построить третий блок в Дукованах ⁸⁵. Сообщается, что свои услуги предлагают „Вестингхаус“, „Атомстройэкспорт“ и „Арева“. Но окончательного решения не стоит ожидать до 2012 года, а запуска трёх блоков – до 2019, 2020 и 2023-25 годов.

Польское правительство объявило о своих намерениях строить новые АЭС, но планирование этих проектов находится на самой начальной стадии. Правительство Литвы хотело бы найти замену двум реакторам советского дизайна, недавно выведенным из эксплуатации, но не способно найти финансирование. Строительство АЭС не начнётся, пока не появится кто-то, кто будет и владеть электростанциями, и эксплуатировать их, как Корея в Объединённых Арабских Эмиратах.

8. Обзор расчётов строительных затрат по версии энергетических компаний

В последнее время мы часто имеем дело с оценками затрат энергетических компаний США. Судя по всему, эти подсчёты более ре-

84. Balkans Business Digest: „Moscow in Talks with Sofia Over Stake in Belene Nuke“, 28 декабря 2009 г.

85. Czech Republic Today: „CEZ Admits All Bidders for Temelin Construction to Second Stage“, 22 февраля 2010 г.

листочны, чем подсчёты других компаний, потому что американским предприятиям приходится более точно оценивать свои издержки для того, чтобы получать гарантии по кредитам от государства. К ним добавлены данные с трёх конкурсов на строительство АЭС, а также результаты, полученные в Олкилуото и Фламанвиле.

8.1 США

Таблица 9: Строительные расходы АЭС в США

АЭС	Технология	Ожидаемая цена (миллиардов долларов)	Ожидаемая цена долларов/киловатт
Bellefonte 3, 4	AP-1000	5,6-10,4*	2500-4600
Lee 1, 2	AP-1000	11*	4900
Vogtle 3, 4	AP-1000	9,9	4190
Summer 2, 3	AP-1000	11,5	4900
Levy 1, 2	AP-1000	14	5900
Turkey Point 6, 7	AP-1000	15-18	3100-4500
South Texas 3, 4	ABWR	17	6500
Grand Gulf	ESBWR	10+	6600+
River Bend	ESBWR	10+	6600+
Bell Bend	EPR	13-15	8100-10000
Fermi	ESBWR	10	6600+

Источник: сообщения в прессе

Данные, помеченные звёздочкой (), представляют собой цену “overnight”, остальные включают в себя процентные ставки.*

В таблице 9 показаны строительные издержки АЭС в США. Мы видим, что большинство оценок, особенно те, что были тщательно проработаны, относятся к реакторам типа AP-G1000. По реакторам этого типа и типа ABWR американское надзорное ведомство Nuclear Regulatory Commission (NRC) уже завершило проведение экспертизы. Реакторы обоих типов ещё предстоит проверить один раз, однако в их отношении уже проще судить об окончательной цене, потому что они близки к своему окончательному виду. И всё же на основании этой таблицы трудно делать какие-то категоричные выводы. Мы видим лишь то, что оценки издержек минимум в четыре раза превышают величину в тысячу долларов за киловатт, о которой представители атомной промышленности говорили ещё в конце 90-х годов, и

что оценки постоянно росли до конца 2009 года. Данные основаны на разной базе: в некоторые показатели включены расходы на финансирование, в другие – на транспортировку электроэнергии. Поэтому прямое их сравнение невозможно.

8.2 Другие страны

В таблице 10 представлены новейшие подсчёты из тех стран, в которых был проведён и завершён хотя бы один конкурс на строительство АЭС.

Таблица 10: Предложения по строительству АЭС за последнее время (долларов/киловатт)

Страна	Ожидания до проведения конкурса	Самая низкая цена предложения/контракт	Последняя оценка	Положение дел
ЮАР	2500	6000	-	Конкурс отменён
Канада	2600	6600	-	Конкурс отменён
ОАЭ	-	3700	-	Готовность к началу строительства
Франция	-	2700	3300	Строится с 12.2008
Финляндия		2500	4500	Строится с 7.2005

Источник: исследования автора

8.3 Резюме

Мы видим, что оценки издержек на строительство АЭС за последнее десятилетие выросли многократно, иногда в пять раз. Нет никаких признаков того, что этот рост замедляется. Весь опыт свидетельствует в пользу того, что реальные строительные издержки всегда существенно превышают ориентировочные цены. Однако трудно сказать, действительно ли разница настолько велика и если так, то почему.

Новейшая АЭС в Великобритании Сайзуелл В (в ходе строительства не возникло серьёзных проблем) стоит примерно три миллиарда фунтов. Это приблизительно соответствует последним оценкам. АЭС, построенные в 90-е годы в США, стоили примерно столько же. Предыдущие поколения АЭС из-за аварий в Три-Майл-Айленде и в Чернобыле обладали большим количеством сложных систем, призванных повысить безопасность. Возможно, реакторы нового типа спроектированы таким образом, что требования по безопасности соблюдаются с помощью более простых и дешёвых инструментов.

Но это может оказаться иллюзией, может быть, сложность реакторов совсем не уменьшилась. И необходимость защиты АЭС от падения самолётов доставит, судя по всему, больше проблем, чем изначально полагали представители атомной индустрии.

Величина в тысячу долларов за киловатт пришла не из практики, а основана на предположении, что только при такой цене атомная энергия может быть конкурентоспособной. Короче говоря, сумма в тысячу долларов за киловатт была спущена сверху и не связана с реальностью. Рост реальных издержек оправдывают несколькими способами ⁸⁶:

Из-за высокого спроса со стороны Китая резко выросли цены на сырьё. Поэтому подорожали все электростанции, а АЭС это подорожание затронуло особенно сильно из-за их величины.

Из-за недостатка мощностей по производству реакторов компаниям приходится искать разные варианты в отношении изготовления оборудования.

В атомной промышленности не хватает специалистов. Сотрудники стареют, а молодёжь им на смену не приходит.

К этому добавляется слабость доллара, а также

Взросшая консервативность энергетических компаний в оценках расходов.

На первый взгляд всё это кажется убедительным, но при тщательном анализе не всё так однозначно:

Цены на сырьё. За последние десять лет цены на многие металлы и другое сырьё резко выросли – так называемый „эффект Китая“. Однако после финансового кризиса эти цены резко упали, в отличие от прогнозируемых строительных расходов.

Трудности с компонентами и нехватка специалистов. Агентство “Standard&Poor’s” ⁸⁷ особо указывает на то, что в мире слишком мало производителей компонентов для АЭС. Эта проблема особенно характерна для корпусов реакторов, насосов и турбин. Только одно предприятие, “Japan Steel Works”, производит корпуса реакторов. С одной стороны, объёмы производства возросли бы при росте спроса, а с другой стороны, это затрудняется сложным процессом сертификации компонентов АЭС. До тех пор, пока не наблюдается признаков постоянного спроса, компании не будут инвестировать в соответствующие производственные мощности. Агентство “Standard&Poor’s” считает также, что нехватка квалифицированных кадров является

86. Подробное описание этих факторов см.: Standard & Poor’s: Construction Costs To Soar for New U.S. Nuclear Power Plants, 2008.

87. Там же.

существенным препятствием, которое не удастся преодолеть в ближайшее время. В агентстве полагают, что в первое время США придётся прибегать к услугам специалистов из других стран, в первую очередь из Франции и Японии.

Колебания курсов валют. Валютные курсы в последние два года были подвержены особенно резким колебаниям, причём доллар опускался до исторического минимума по отношению к европейским валютам. С ноября 2005 по июль 2008 года стоимость доллара по отношению к евро упала с 1/1,17 до 1/1,57. В ноябре 2008 года доллар снова вырос (1 евро = 1,27 доллара). Вероятно, рост цен отчасти связан с падением курса доллара. Некоторые инвестиции, рассчитываемые в долларах, обходятся дороже, но не те, которые рассчитываются в евро.

Более реалистичные подсчёты энергетических компаний. Трудно судить о том, насколько компании заинтересованы в точном подсчёте издержек и серьёзности финансовых последствий. Опыт, полученный в Олкилуото и тот факт, что правительства и общественность проявляют сейчас гораздо меньше снисходительности к перерасходам, чем раньше, должны побудить компании к более точным прогнозам вероятных издержек.

9. Необходимость государственной поддержки и её объём

Исследования, проведённые британским правительством в 1989, 1995 и 2002 годах, привели к выводу, что на либерализованном энергетическом рынке компании строят АЭС только в том случае, когда они получают от правительства гарантии и дотации, благодаря которым расходы не выходят за определённые рамки. Это актуально для всех стран, в которых поставщики электроэнергии не являются монополистами. Казалось бы, строительство АЭС в Финляндии противоречит этому тезису, но, как мы уже упоминали, там имелись особые условия: инвестором является компания, не ориентирующаяся на прибыль, владеющая теми промышленными предприятиями, которые будут получать энергию с электростанции. Вряд ли другие страны последуют примеру Финляндии. К тому же результаты работы над проектом весьма плачевные и могут только отпугнуть те предприятия, которым предстоит конкурировать на рынке электроэнергии, от строительства новых АЭС – если только их не защитят полностью от рыночных рисков.

Атомная программа США показала, что государственные гарантии и разрешение регулирующих органов взыскивать с потребителя вложенные средства являются важнейшими условиями строитель-

ства новых АЭС. Только при их соблюдении энергетические компании могут получить кредиты на выгодных условиях. Дополнительные финансовые вливания и гарантии нужны в областях, которые не полностью контролируются собственниками АЭС. В их числе:

Строительные издержки. Расходы на строительство новой АЭС высоки и легко могут выйти из-под контроля. Поэтому правительство может ограничить расходы частного инвестора.

Загрузка. Существует риск того, что реальная выработка не будет соответствовать прогнозам. Ситуация зависит от владельца АЭС и вряд ли строители готовы разделить ответственность за худшие, чем предполагалось, производственные показатели.

Затраты на эксплуатацию и техобслуживание (не считая топлива). Эти затраты зависят в основном от владельца АЭС, который берет на себя риски.

Затраты на топливные элементы. Закупку топлива обычно не считают рискованным делом. Довольно легко можно создать запас урана и таким образом ограничить риск роста цен на топливо. Если же владелец решил производить переработку отработавшего топлива, то расходы на это оценить уже намного сложнее. Поэтому владельцы АЭС могут стараться ограничить расходы на утилизацию, например, с помощью специальных соглашений, как это делается в США.

Затраты на вывод из эксплуатации. Трудно предсказать, насколько велики будут расходы на вывод АЭС из эксплуатации. Ясно одно – они вырастут. Разумным решением представляется отчисление взносов в хорошо структурированный специальный фонд. Если же современные прогнозы впоследствии окажутся заниженными, или рентабельность фонда окажется ниже ожидаемой, то придётся существенно увеличить размер взносов. Частные инвесторы будут стараться ограничить свои потери.

Финансовые гарантии для строительства прототипов являются особенно дорогими, поскольку они должны покрывать и расходы на внедрение новой технологии. А при строительстве целой серии АЭС и при хороших результатах рынок готов рисковать в большей степени, даже если политические институты не гарантируют полной реализации программы. Напомним, что и Рейган, и Тэтчер обещали возрождение атомной энергетики, но потом лишь присутствовали при её деградации.

10. Выводы

За десять лет, прошедшие с тех пор, как в конце 90-х годов начались разговоры о ренессансе атомной энергетики на базе реакторов поколения III+, экономические прогнозы для новых АЭС резко ухудшились. Но парадоксальным образом многие правительства (американское, британское, итальянское) пытаются продвигать идею строительства новых АЭС. Стремление строить новые АЭС тесно связано с ведущими политиками этих стран: с Бушем, Блэром и Берлускони.

Поддержка со стороны политиков может многое упростить, например, упростить планирование и открыть доступ к государственным дотациям, но она может и помешать: при смене власти новое правительство может оказаться не в восторге от действий предшественников.

Создаётся впечатление, что увлечение атомной энергией базируется на чудовищном заблуждении, будто бы атомная энергия помогает снижать выбросы парниковых газов. Как правило, доля электроэнергии в общем энергопотреблении составляет всего 20 процентов. Даже если увеличить эту долю, а также повысить удельный вес именно „атомной“ электроэнергии, всё равно будет трудно поднять долю атомной энергии в общем энергопотреблении выше 10 процентов. Увеличение мировых мощностей АЭС в 4-5 раз (если бы для этого нашлись материалы, специалисты и финансовые средства) поставило бы нас перед целым рядом трудноразрешимых вопросов, например, хватит ли запасов урана, есть ли достаточно участков для строительства АЭС, что будет с отходами и т.д.

В последние 30 лет строилось мало новых АЭС. В последние годы их строится больше благодаря проектам в Китае и, в меньшей степени, в Корее и России: в январе 2010 года только в Китае строилось 20 АЭС. Эти проекты в основном реализуются местными фирмами, с использованием реакторов старого образца. При настоящем ренессансе для атомной энергии должны открыться рынки таких стран, как США, Великобритания, Италия. Но в этих странах потребуются ещё многие годы, пока начнётся строительство и реакторы поколения III+ дадут энергию.

Конечно, поддержка политиков может помочь „ренессансу“ атомной энергетики, но одной только политической поддержки недостаточно, если отсутствует технологическая и экономическая основа. В этой работе основное внимание уделено экономическим аспектам, но существует область, в которой пересекаются экономика и технологии. В принципе, почти любой тип реактора можно доработать так, что он будет отвечать требованиям по безопасно-

сти надзорных органов. Но это может обойтись так дорого, что его эксплуатация станет нерентабельной.

Оказалось, что получить государственное согласование для новых типов реакторов удивительно тяжело. С помощью программы „Атомная энергия – 2010“ США хотели добиться того, чтобы к 2010 году начал работу хотя бы один реактор поколения III+. В реальности же к этому сроку удалось завершить согласование одного типа реакторов (AP-1000), и даже этот тип реакторов будет ещё раз проверяться, потому что проект был изменён. В начале 2010 года стало ясно, что ни один реактор не будет полностью согласован до 2011 года, а может быть, и ещё дольше. Наверное, можно устранить существенные недостатки, например, проблемы с системой управления EPR⁸⁸ или с защитным сооружением AP-1000⁸⁹, но это приведёт к росту расходов и увеличению сроков.

Три причины, по которым тяжело прогнозировать затраты на выработку электроэнергии на АЭС:

Некоторые затраты пока не подтверждены практикой в коммерческих масштабах, например, размер затрат на вывод из эксплуатации и на утилизацию средне- и высокорadioактивных отходов. Известно, что расходы на процессы, для которых отсутствуют опытные данные, обычно превышают прогнозы. Поэтому велик риск того, что в прогнозы закладываются заниженные суммы.

Для некоторых затрат не определены ограничения. Например, может довольно сильно колебаться учётная ставка. Также нет общего мнения о том, насколько велики должны быть отчисления на будущий вывод из эксплуатации.

Имеется слишком мало надёжных данных с АЭС, эксплуатирующихся в настоящее время. Их владельцы неохотно предоставляют информацию о своих расходах. Кроме того, за последние 20 лет в Западной Европе было начато строительство лишь нескольких АЭС, а в Северной Америке – ни одной с 1980 года. Поэтому нет опыта работы ни с одним реактором современного типа.

На протяжении последних 40 лет наблюдалось большое расхождение между загрузкой работающих АЭС и загрузкой, прогнозируемой для новых АЭС. Прогнозы были почти всегда слишком оптимистичными. И следующее поколение АЭС эту ситуацию не изменит. Тот

88. Например: Health & Safety Executive: “Joint Regulatory Position Statement on the EPR Pressurized Water Reactor”, публикация № V4 22/10/2009, 2 ноября 2009 г. <http://www.hse.gov.uk/PRESS/2009/hse221009.htm>

89. Например: Nuclear Regulatory Commission: NRC Informs Westinghouse of Safety Issues with AP1000 Shield Building, <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2009/09-173.html>

факт, что в прошлом такие прогнозы оказались неверными, не обязательно означает, что и нынешние прогнозы неверны. Он означает, что прогнозы, предсказывающие существенное увеличение загрузки АЭС, нужно воспринимать с известным скепсисом. Итак, важнейшие вопросы относительно будущего:

Строительные издержки

Загрузка мощностей

Расходы на эксплуатацию и техобслуживание (не считая топлива)

Расходы на топливо

Расходы на вывод из эксплуатации

АЭС строятся только в тех странах, в которых государство предоставляет щедрые дотации и гарантии по кредитам.

Кроме того, в некоторых случаях требуются гарантии сбыта, чтобы АЭС могли продавать электроэнергию по фиксированной цене. Сомнительно, чтобы такая масштабная „государственная помощь“ была допустима с точки зрения законодательства ЕС в области конкуренции.

Существует противоречие между экономическими интересами предприятий и общественными интересами. В калькуляциях коммерсантов очень незначительную роль играют расходы, ожидаемые в отдалённой перспективе, даже очень большие. Компании защищены международными договорами от риска аварий. Прогнозы расходов, составленные с позиций предпринимателей, необходимо скорректировать с учётом общественных аспектов.

Как уже не раз случалось после 1980 года, когда велись разговоры о „возвращении“ атомной энергии, и на этот раз „ренессанс“ не приведёт к большому количеству заказов на строительство АЭС. В тех странах, где строительство новых АЭС не является проблемой, продолжат их строить. Но и там поубавится энтузиазма, когда выяснится, что очень высоки расходы, не решены проблемы с утилизацией отходов, а мощностей для производства компонентов АЭС недостаточно.

В тех же странах, в которых наблюдается „ренессанс“, будет построено несколько станций. Но это докажет лишь то, что АЭС можно строить, если правительство готово щедро дотировать это строительство и игнорировать демократические процессы. Главные убытки будут представлять собой издержки неиспользованных возможностей: перестанут развиваться более выгодные альтернативы и уйдут из повестки дня технологии, которые могли бы дать более дешёвую, безопасную и чистую энергию, а также увеличить энергоэффективность. У большинства технологий издержки снижаются с течением времени благодаря эффекту обучения, эффекту масштаба и технологиче-

скому прогрессу – в отличие от атомной энергетики. Аналитические работы Фрогатта и Шнайдера (2010) показывают, что повышение энергоэффективности и использование возобновляемых источников энергии намного выгоднее, чем атомная энергия. И уровень расходов в этой области постоянно снижается ⁹⁰. И если бы в эту область инвестировалась хоть часть средств, направляемых сегодня на очередную бессмысленную попытку возродить атомную энергетику, то отрыв энергоэффективности/возобновляемых источников от атомной энергии был бы с большой долей вероятности ещё больше.

Приложение 1

Реакторные технологии, современные типы реакторов и их изготовители

Технологии реакторов

Все реакторы можно грубо разделить на категории в зависимости от используемого теплоносителя и замедлителя. Теплоноситель может быть в жидкой или газообразной форме, он отводит тепло из активной зоны реактора к парогенератору. Замедлителем служит вещество, тормозящее скорость нейтронов так, чтобы они оставались в активной зоне достаточно долго для поддержания цепной реакции. Имеется множество вариантов комбинирования теплоносителей и замедлителей. Реакторы, работающие в настоящее время и предлагаемые на рынке, используют четыре вида теплоносителей и три типа замедлителей.

Самым распространённым типом является реактор на лёгкой воде (LWR), представленный в двух вариантах – реактор с водой под давлением (PWR) и реактор с кипящей водой (BWR). Оба варианта являются модификациями блоков, применявшихся на подводных лодках, и используют в качестве теплоносителя и замедлителя воду (так называемую „лёгкую воду“). Преимуществом воды является её дешевизна, но она не является самым эффективным замедлителем (молекулы воды поглощают часть нейтронов, вместо того, чтобы отталкивать их). Поэтому приходится обогащать уран с 0,7 процента (количество, присутствующее в природном уране) до трёх процентов и выше – а это дорогой процесс.

Недостатком воды как теплоносителя является то, что она выпол-

90. См. статью в этом сборнике.

няет данную функцию только в жидком состоянии. При возникновении протечки в системе охлаждения вода закипает и не оказывает нужного воздействия. Поэтому важным моментом при разработке реакторов является исключение возможности аварии в результате утечки теплоносителя. Реакторы с водой под давлением и с кипящей водой различаются в основном тем, что в BWR вода кипит и напрямую направляется в контур турбогенератора, где пар, вырабатываемый в активной зоне реактора, приводит в действие турбину. В PWR охлаждающая вода остаётся в жидком состоянии, потому что находится под давлением. С помощью теплообменника (парогенератора) энергия направляется во второй контур, где вода кипит и крутит турбину. Реактор с кипящей водой менее сложен, но так как вода там направляется напрямую в турбину, он в большей степени подвержен радиоактивному загрязнению. Большинство российских реакторов, так называемые ВВЭР, являются реакторами с водой под давлением. В Великобритании есть один реактор с водой под давлением, Сайзуэлл Б – и ни одного водного кипящего реактора.

В некоторых реакторах в качестве теплоносителя и замедлителя используется „тяжёлая вода“. Самый распространённый тип таких реакторов называется CANDU и был разработан в Канаде. В тяжёлой воде изотоп водорода дейтерий (D) занимает место гораздо более распространённой формы атома водорода (H). Тяжёлая вода – гораздо более эффективный замедлитель, чем вода, в результате чего реакторы CANDU могут работать с природным, необогащённым ураном. Новый вариант реактора CANDU, использующий в качестве теплоносителя лёгкую, а в качестве замедлителя тяжёлую воду, ранее проектировался, но пока остаётся лишь на бумаге.

Все британские АЭС, кроме Сайзуэлл Б, охлаждаются с помощью диоксида углерода, а в качестве замедлителя используют графит. В первом поколении таких реакторов (типа “Magnox”), применялся природный уран, но тогда не получалось постоянно эксплуатировать эти реакторы с полной нагрузкой, потому что диоксид углерода окисляется соприкасаясь с водой, что приводит к коррозии трубопроводов. На АЭС второго поколения работали с обогащённым ураном и применяли более совершенные материалы для защиты от коррозии. Графит – эффективный замедлитель, но по сравнению с водой довольно дорогой. К его недостаткам относятся лёгкая воспламеняемость, ломкость и деформации, вызываемые облучением. В реакторах типа РБМК (такой реактор использовался на Чернобыльской АЭС), в качестве замедлителя выступает также графит, а в качестве теплоносителя – лёгкая вода.

Не угасает интерес к реакторам, в которых в качестве теплоносителя используется гелий, а в качестве замедлителя – графит (HTR). Гелий абсолютно инертен, кроме того, это эффективный, хоть и дорогой охладитель. Применение гелия и графита позволяет намного увеличить рабочую температуру реактора по сравнению с реакторами, охлаждаемыми лёгкой водой или газом. В результате больше тепловой энергии преобразуется в электричество, а тепло можно использовать параллельно с выработкой электроэнергии. Научные разработки такого типа реактора ведутся во многих странах – в Великобритании уже на протяжении 50 лет, но до сих пор нет прототипов, эксплуатирующихся в коммерческих целях, а экспериментальные образцы демонстрируют крайне скверные результаты.

Уже ведутся разговоры о реакторах четвёртого поколения⁹¹. Министерство энергетики США называет реакторы поколения III+ „эволюционными“, а реакторы четвёртого поколения относятся уже к категории „революционных“. Они должны быть „безопаснее, стабильнее, рентабельнее и меньше уязвимы для ядерного распространения“, т.е. использования в военных целях. Но главное отличие нового типа реакторов от существующих технологий заключается в том, что эти реакторы смогут намного лучше использовать имеющиеся запасы природного урана: в процессе „циклов размножителя“ расходуется 99,3 процента природного урана, на что неспособны существующие реакторы. Кроме того, реакторы нового типа будут обладать более высокой рабочей температурой, в результате чего с их помощью можно будет вырабатывать водород. Шесть наиболее перспективных технологий:

- быстрые реакторы с газовым охлаждением
- быстрые реакторы со свинцовым охлаждением
- реакторы на жидкой соли
- быстрые реакторы с натриевым охлаждением
- сверхкритические реакторы на лёгкой воде
- высокотемпературные реакторы

До сих пор только быстрые реакторы с натриевым охлаждением и „очень высоко температурные“ реакторы разрабатывались в рабочих условиях. Выяснилось, однако, что обе технологии являются крайне проблемными. Быстрые реакторы с натриевым охлаждением работают с 60-х годов, и многие страны имели программы развития реакторов этого типа, который оказался, однако, очень дорогим и ненадёжным, в

91. Подробная информация о технологии четвёртого поколения см.: Generation IV International Forum, <http://www.gen-4.org/>

результате чего лишь несколько стран продолжают пользоваться этой технологией. Как уже упоминалось, реакторы с максимальной температурой с 60-х годов развивались во многих странах. Но нигде не удалось довести дело до их коммерческого использования, и в большинстве стран прекратили работу в этом направлении.

Остаётся подождать и выяснить, окажется ли рентабельным коммерческое использование хоть одной из этих технологий. Даже их сторонники признают, что коммерческая эксплуатация вряд ли будет возможна до 2030 года. Поэтому в принимаемых сейчас решениях эти технологии не играют никакой роли.

Современные типы реакторов и их производители

На Западе в ближайшее десятилетие будут строиться, вероятно, в первую очередь реакторы так называемого поколения III+. Под поколением I понимают реакторы, построенные в 50-60-х годах. К поколению II относится большинство реакторов, эксплуатирующихся в настоящее время и спроектированных с конца 60-х годов и до начала 80-х годов. Поколение III было актуально с начала 80-х годов примерно до 2000 года. В реакторах этого поколения был учтён опыт, приобретённый в результате аварии в Три-Майл-Айленде. Поколение III+, разработанное после Чернобыльской катастрофы, отличается от поколения III прежде всего тем, что в новых ректорах вместо активных систем безопасности задействовано много пассивных систем. Так, например, в реакторах поколения III+ для аварийного охлаждения используются в основном не технические приспособления, а естественные процессы, например, конвекция. В результате терактов 11 сентября добавилось ещё одно требование по безопасности: каждый новый реактор должен устоять против падения транспортного самолёта.

Производители анонсировали множество типов таких реакторов, но работа над большинством из них далеко не продвинулась, либо до сих пор не удалось получить государственного согласования и, соответственно, пока нет перспектив на строительство новых АЭС. Нет чётких определений того, к какому поколению относится конкретный тип реактора. Помимо того, что все реакторы поколения III+ были спроектированы в последние 15 лет, для них характерны следующие признаки:

- стандартизированная технология, которая позволяет ускорить согласование, а также снизить затраты и время строительства;

- простая и надёжная конструкция, лёгкая в эксплуатации и менее аварийная;

- повышенная стабильность работы и срок службы до 60 лет;

меньшая вероятность расплавления активной зоны реактора;
минимальная нагрузка на окружающую среду;
более высокое „выгорание“ топлива, приводящее к уменьшению и требующегося количества топливных элементов, и отходов;
выгорающий поглотитель, увеличивающий срок службы топливных элементов⁹².

Не существует точного определения этих свойств, и они не объясняют однозначно, чем реакторы поколения III+ отличаются от более ранних моделей, от которых они происходят. Далее мы сосредоточимся на тех типах реакторов, которые уже строятся или в настоящее время согласовываются с надзорными органами.

Реакторы с водой под давлением (PWR)

Существуют четыре крупных независимых производителя современных реакторов типа PWR: “Westinghouse”, “Combustion Engineering”, “Babcock&Wilcox” (B&W), а также российский „Росатом“.

Westinghouse

Технология американской „Вестингхаус“ является сейчас самой распространённой в мире, прежде всего, благодаря выдаче лицензий. Крупнейшими владельцами лицензий являются французский концерн „Арева НП“, действовавший до 2001 года под названием „Фраматом“, немецкий концерн „Сименс“, а также японское предприятие „Мицубиси“. Электростанции „Вестингхаус“ экспортировались по всему миру. Однако перед тем, как в 2008 году поступило четыре заказа из Китая, за предыдущие 25 лет был сделан только один заказ – британский блок Сайзуэлл Б. Последний (не отменённый) заказ из США поступил более 30 лет назад. В 1998 году атомное подразделение „Вестингхаус“ перешло в собственность британской BNFL, а в 2006 году было перепродано японской компании „Тошиба“. Главная современная модель „Вестингхаус“ – это AP-1000, на которую пока было получено только четыре заказа, и все из Китая.

Реактор AP-1000 (Advanced Passive) является следующей моделью после AP-600. Мотивом для разработки AP-600 было стремление улучшить пассивную безопасность, а также переоценка эффекта масштаба (от строительства крупных объектов, вместо увеличения числа этих объектов). Один из руководителей „Вестингхаус“ обосновал выбор в пользу реактора мощностью 600 мегаватт, а не 1300 мегаватт

92. <http://www.uic.com.au/nip16.htm>

тем, что „не было оснований рассчитывать на эффект от масштаба“⁹³. Безопасность реактора AP-600 была проверена в США, государственное разрешение на эксплуатацию было оформлено в 1999 году. К этому моменту стало ясно, что модель нерентабельна. Поэтому AP-600 не фигурировал на объявленных конкурсах. Его мощность повысили до 1150 мегаватт, потому что производитель надеялся, что в результате модель станет конкурентоспособной. В сентябре 2004 года американское надзорное ведомство NRC выдало „Вестингхаус“ разрешение на использование модели AP-1000 сроком действия в пять лет, а в 2006 году этот тип реактора получил разрешение на эксплуатацию сроком действия в 15 лет. Затем компания „Вестингхаус“ внесла в конструкцию некоторые изменения и теперь нужно снова ждать одобрения надзорного ведомства, которое появится не раньше 2011 года. AP-1000 относится к тем моделям, экспертизу которых в настоящее время проводит британское ведомство по контролю за объектами атомной энергетики (NII) в рамках программы предварительного лицензирования (GDA). NII предполагает завершить свою экспертизу до середины 2011 года, хотя, как и в случае с EPR, нет гарантий, что этот тип реактора получит необходимый допуск.

Areva

„Фраматом“ и „Сименс“ отделились от „Вестингхаус“ и в 2000 году объединили свои атомные подразделения, при этом 66 процентов отошло к „Фраматому“, а остальное – к „Сименсу“. „Фраматом“ затем вошёл в состав концерна „Арева“, который на 90 процентов принадлежит французскому государству. В 2001 году „Фраматом“ был переименован в „Арева НП“. В 2009 году руководство „Сименса“ заявило о намерении выйти из совместного предприятия; переговоры относительно условий выхода ведутся до сих пор. „Фраматом“ построил все реакторы с водой под давлением во Франции (58 объектов), а кроме того, электростанции в ЮАР, Южной Корее, Китае и Бельгии. „Сименс“ построил десять из одиннадцати немецких реакторов с водой под давлением, а также аналогичные реакторы в Нидерландах, Швейцарии и Бразилии.

Единственная модель реактора PWR поколения III+, для которой уже имеется опыт строительства, это Европейский реактор с водой под давлением (EPR) производства „Арева НП“. В феврале 2005 года правительство Финляндии выдало разрешение на строительство EPR в Олкилуото. Строительство началось летом 2005 года. В

93. Week Special Report: „Outlook on Advanced Reactors“, 30 марта 1989 г., стр. 3.

2007 году начались работы по строительству EPR во Фламанвиле во Франции. Китай также заказал два EPR, однако до конца 2009 года строительство не началось. В сентябре 2004 года EPR получил временное разрешение на строительство во Франции, в январе 2005 года – в Финляндии, хотя уже очевидно, что многие детали проекта требуют окончательной доработки. „Арева“ совместно с “Constellation Energy” запросила в США разрешение строить EPR (в рамках программы „Атомная энергия – 2010“). Окончательное разрешение на строительство, скорее всего, не будет выдано ранее 2012 года. Кроме того, EPR проходит процедуру предварительного лицензирования в Великобритании. Британское надзорное ведомство НП предполагает закончить экспертизу до середины 2011 года, но это не означает что разрешение будет выдано. На американском рынке аббревиатура EPR расшифровывается как Evolutionary Power Reactor.

EPR в Олкилуото (Финляндия) рассчитан на мощность в 1600 мегаватт. Для заказов, полученных после Олкилуото, мощность повысили до 1700 мегаватт. Предшественником этого типа реактора была модель „Фраматома“ N4, а в некоторых деталях – реактор „Сименса“ “Konvoi”. Предполагается, что загрузку реактора⁹⁴ удастся повысить примерно до 90 процентов благодаря сокращению времени на замену топливных элементов.

Mitsubishi

„Мицубиси“ представляет технологию PWR в Японии, где концерн построил 22 объекта. До того, как „Мицубиси“ проявил активность на рынке США в рамках программы „Атомная энергия – 2010“, этот концерн никогда не пытался поставлять АЭС на международный рынок. Одна из американских энергетических компаний планирует построить реактор APWR, последнюю модель „Мицубиси“. „Мицубиси“ и „Вестингхаус“ начали разработку APWR примерно в 1980 году, но первые же заказы привели к хроническому срыву сроков. На протяжении десяти лет ожидался заказ на строительство АЭС в Цуруга (Япония), но по состоянию на конец 2009 года он так и не поступил. В настоящее время американская NRC проводит экспертизу новой версии APWR, потому что американское предприятие TXU собирается заказать такой реактор. Британская НП исходит из того, что эта экспертиза завершится примерно к концу 2012 года.

94. Годовая загрузка (аналогично – загрузка за период эксплуатации) рассчитывается как годовая выработка АЭС в процентах от выработки АЭС при работе в течении всего времени на полную мощность. Эта величина – показатель надёжности электростанции.

Combustion Engineering

Компания “Combustion Engineering” разработала свою собственную модель реактора PWR. За пределами США лицензией на эту технологию владеет Корея. Атомное подразделение “Combustion Engineering” в 1996 году перешло в собственность шведско-швейцарской ABB, а в 1999 году была продана британской BNFL. Теперь фирма входит в дочернее предприятие американской „Вестингхаус“ и вместе с ним в 2006 была продана японской компании „Тошиба“.

„System 80+“ производства “Combustion Engineering” в 1997 году получила разрешение на использование в США. „Вестингхаус“ не предлагает эту систему на продажу. Южнокорейский концерн “Doosan” использовал эту модель по лицензии „Вестингхаус“ для разработки своего реактора APR-1400, который строится в Южной Корее с 2008 года. Южная Корея предложила реактор этого типа в рамках конкурса на строительство АЭС поколения III, объявленного в Китае в 2005 году, но он был отвергнут. В декабре 2009 года “Doosan” выиграла конкурс на строительство четырёх реакторных блоков в Объединённых Арабских Эмиратах. Ожидается, что предприятие предложит свои реакторы и Турции.

Babcock&Wilcox

“Babcock&Wilcox” (B&W) предлагали на американском рынке собственные модели реакторов PWR. В результате аварии в Три-Майл-Айленде (где использовалась технология B&W) предприятие прекратило заниматься атомной энергетикой. Единственный реактор B&W за пределами США был построен по лицензии в Германии. Он был пущен в 1986 году, но уже в 1988-ом был остановлен из-за проблем с лицензией и с тех пор так и не эксплуатировался.

Росатом/Атомстройэкспорт

Российские технологии поставляются на экспорт через „Атомстройэкспорт“ (ASE), подразделение „Росатома“. В 2009 году „Сименс“ вёл переговоры с „Росатомом“ относительно создания совместного предприятия для продвижения российской технологии. Последняя российская разработка мощностью 1200 мегаватт, AES-2006/WWER-1200, предлагается на рынке с 2006 года. Два реактора этого типа строятся на каждой из двух площадок – Ленинградской и Нововоронежской АЭС. В 2008 году предприятие выиграло конкурс в Турции (правда, являясь единственным

участником). В Финляндии и Индии в настоящее время размышляют о возможных заказах.

Реакторы с кипящей водой (BWR)

Крупнейшим разработчиком реакторов с кипящей водой является американское предприятие „Дженерал Электрик“ (General Electric, GE). Этим предприятием построены многие электростанции в США, а также в Германии, Японии, Испании, Мексике и в Швейцарии. Лицензии получали также немецкая AEG (приобретённая впоследствии „Сименсом“), японские „Хитачи“ и „Тошиба“. Атомное подразделение „Сименса“ (сейчас входящее в состав „Арева НП“) предлагало реактор типа BWR на конкурс в Олкилуото, но, судя по всему, проект ещё не готов для коммерческого использования.

GE-Hitachi и Toshiba

В настоящее время в Японии эксплуатируется или строится 32 реактора BWR. Несколько блоков были приобретены у GE, остальные – у „Хитачи“ и „Тошиба“. Все три компании вместе работали над созданием реактора ABWR. Первые два заказа поступили в 1992 году и электростанции были введены в строй в 1996 и 1997 году. В конце 2009 года эксплуатировались четыре реактора ABWR, ещё один строился в Японии и два – на Тайване. В 1997 году реакторы ABWR получили разрешение в США, срок действия которого, правда, истекает в 2012 году. Реакторы являются совместным продуктом „GE-Хитачи“ и „Тошиба“. Обе компании должны представить в надзорное ведомство США сведения об изменениях, произведённых в проекте по просьбе NRC, и ходатайствовать о продлении разрешения. Неизвестно, насколько серьёзны изменения, внесения которых потребовал NRC, и сколько времени потребуется на получение новой лицензии. Известно лишь то, что новая модель должна быть лучше защищена от падения самолётов. Существующий вариант ABWR можно, пожалуй, отнести к поколению III. Если лицензия будет получена, то новая версия будет, вероятно, относиться к поколению III+. В рамках программы „Атомная энергия – 2010“ американское предприятие NRG планирует возведение реакторов типа ABWR.

Реактор ESBWR (Economic & Simplified BWR, экономичный упрощённый кипящий водный реактор) представляет собой блок мощностью 1500 мегаватт, разработанный компанией GE. В октябре 2005 года совместное предприятие GE и „Хитачи“ обратилось в NRC

за разрешением. Реактор ESBWR частично схож с реактором SBWR (Simplified Boiling Water Reactor, упрощенный кипящий водный реактор) от GE и с реактором ABWR. Процедура выдачи разрешения на использование реактора SBWR началась в 90-х годах, но ходатайство было отозвано ещё до завершения всей процедуры; до строительства дело не дошло. Целый ряд американских энергетических компаний в рамках программы „Атомная энергия – 2010“ сделали выбор в пользу реакторов ESBWR. NRC предполагает завершить экспертизу не раньше 2011 года. В 2007 году в Великобритании начался процесс предварительного лицензирования ESBWR, но заявка была отозвана в 2008-ом. Изначально в рамках программы „Атомная энергия – 2010“ шесть американских энергетических компаний планировали строительство реакторов ESBWR, но одна из них потом предпочла ABWR, другая, судя по всему, отказалась от проекта, а будущее большинства из оставшихся четырёх проектов тоже вызывает сомнения. За пределами США интерес к этим реакторам невелик, и вполне вероятно, что разработка ESBWR будет прекращена.

Другие реакторы с кипящей водой

Шведская компания “Asea Atom” строила собственные реакторы с кипящей водой. Всего было построено шесть объектов в Швеции и два в Финляндии. “Asea Atom” объединилась с “Brown Boveri”, объединённая компания называется ABB. В 1999 году ABB перешла в собственность британской BNFL, а в 2006 году уже в составе атомного подразделения „Вестингхаус“ была продана „Тошиба“. Реактор IWR-90+, рассчитанный на 1500 мегаватт, разработанный „Вестингхаус“ на базе реактора с кипящей водой “Asea”, обсуждался как возможный проект, но так и не был где-либо осуществлён.

CANDU

Крупнейшим производителем реакторов на тяжёлой воде является канадское предприятие “Atomic Energy of Canada Limited” (AECL). Оно построило больше 20 реакторов в Канаде, возводило объекты также в Аргентине, Румынии, Южной Корее, Китае. Технологию также продавали в Индию, однако из-за разработок ядерного оружия все торговые контакты Запада с этой страной были прерваны в 1975 году. Тем не менее, Индия продолжает строить электростанции этого типа, разработанные около 40 лет назад. В Аргентине были построены три реактора на тяжёлой воде: один реактор CANDU и два реак-

тора немецкого производства (один из них ещё не достроен и работы в настоящее время не ведутся).

В будущем основной моделью производства AECL станет реактор ACR (Advanced CANDU Reactor), который будет производиться, по всей видимости, в двух вариантах: мощностью 750 мегаватт (ACR-700) и 1100-1200 мегаватт (ACR-1000). В отличие от прежних реакторов CANDU, в которых тяжёлая вода выступала в качестве теплоносителя и замедлителя, в новых моделях теплоносителем будет лёгкая вода, а замедлителем – тяжёлая вода. Энергетическая компания “Dominion” выступила в поддержку ходатайства о допуске ACR-700 к эксплуатации в США, но в январе 2005 года отказалась от этих намерений и сделала выбор в пользу реакторов ESBWR производства GE. Причиной такого решения стало то обстоятельство, что проверки реактора ACR-700, по информации NRC, продлятся минимум пять лет, потому что в США пока нет опыта работы с реакторами типа CANDU. Потом, судя по всему, производитель сам отказался от ACR-700 в пользу ACR-1000. Вероятно, в тендерах на строительство реакторов такой мощности будет участвовать новая версия модели тридцатилетней давности CANDU-6. Реактор ACR-1000 участвовал в конкурсе в Онтарио, но цена оказалась слишком высокой. В 2007 году реактор был включен в британскую программу предварительного лицензирования (GDA), но вскоре заявка была отозвана. Существуют планы приватизации государственной компании AECL, поэтому будущее технологии CANDU под вопросом.

Высокотемпературные реакторы (HTR)

Неясно, к какому поколению (III или IV) следует отнести современные модели высокотемпературных реакторов. Модульный реактор с шаровой засыпкой активной зоны (PBMR) основан на проектах „Сименса“ и АВВ. Работу над этой моделью прекратили после неудачных опытов с демонстрационной установкой. Тем не менее, южноафриканские компании продолжают работать над проектом. В результате многочисленных слияний и поглощений в атомной отрасли теперь владельцами лицензий являются „Арева“ (вместо „Сименса“) и „Вестингхаус“ (вместо АВВ). Техническое оснащение реактора обеспечивает PBMR Co., дочернее предприятие „Эскома“ – государственной энергетической компании ЮАР. Финансирование поступает от „Эскома“, британской BNFL, американской „Экселон“, а также от государственной южноафриканской корпорации промышленного развития (Industrial Development Corporation, IDC).

Эти инвестиции дают предприятиям право приобретать доли в новом предприятии, которое будет продавать реакторы. О проекте впервые стало известно в 1998 году, предполагалось, что первые заказы поступят в 2003 году. Но проблемы с данной моделью оказались серьёзнее, чем ожидалось. В 2002 году „Экселон“ вышел из проекта, а другие партнёры сократили свои взносы. В 2004 году „Эскому“ и правительству ЮАР пришлось взять на себя львиную часть издержек. Доля BNFL перешла к „Вестингхаус“, IDC вышел из проекта, а новых инвесторов найти не удалось. Сроки реализации проекта существенно сдвинулись: в 2009 году рассчитывали на первые заказы не ранее 2025 года. Центр ядерных исследований в Юлихе, в котором была разработана технология реакторов с шаровой засыпкой, после нового анализа результатов работы прототипа опубликовал в 2008 году доклад, который породил сомнения в безопасности этой модели⁹⁵. В марте 2009 года правительство ЮАР объявило, что будет поддерживать разработки на протяжении лишь одного года, и тогда компания RBMR Co. решила отказаться от этой модели. Вероятно, компания работает сейчас над реактором гораздо меньшей мощности, менее технологически продвинутым, но ориентированным на востребованные рынком услуги – например, опреснение соленой воды и т.д. Представляется маловероятным, что программа развития реакторов RBMR сможет продолжаться в долгосрочной перспективе без поддержки правительства ЮАР.

Похожую технологию разрабатывают сейчас и китайские предприятия. По их собственной информации, дела обстоят наилучшим образом, но создаётся всё же впечатление, что китайское правительство делает основную ставку на развитие реакторов с водой под давлением и, возможно, с кипящей водой.

95. R. Moormann: A Safety Re-evaluation of the AVR Pebble Bed Reactor Operation and Its Consequences for Future HTP Concepts, исследовательский центр в Юлихе, 2008 г. <http://juwel.fz-juelich.de/8080/dspace/handle/2128/3136>

Приложение 2

Дисконтирование, затраты на капитал и требуемая норма прибыли

При анализе рентабельности атомной энергии особенно сложным является вопрос о том, каким образом можно ввести в общую сравнительную базу доходы и расходы, имеющие место в разное время на протяжении срока службы АЭС. Согласно британским принципам планирования с момента заказа на строительство реактора до его вывода из эксплуатации может пройти более 200 лет.

Обычно сравнивают уровень доходов и расходов в разные моменты времени с помощью расчёта окупаемости капиталовложений по дисконтированным затратам (discounted cash flow, DCF). Этот метод основан на таком, на первый взгляд, разумном предположении, что сегодняшние доходы и расходы „весят“ больше, чем будущие. Например, при оплате счёта без отсрочки необходимо выплатить полную сумму; если же этот счёт придётся оплатить через десять лет, то сумма станет „меньше“, потому что для оплаты можно будет использовать полученные с этой суммы проценты. При расчёте действительной стоимости доходы и расходы, имеющие место в разное время, приводятся к общему знаменателю с помощью дисконтирования. Если в год поступает доход в 100 евро, а учетная ставка (ставка дисконта) составляет пять процентов, то чистая стоимость этого дохода составляет 95,23 евро, потому что сумма в 95,23 евро приносит годовой доход в 4,77 евро, что даёт в сумме 100 евро. Ставку дисконта сравнивают с нормой прибыли, которую можно получить, вкладывая деньги где-то ещё.

Такой подход оправдан для сроков до десяти лет и при относительно низких учётных ставках, но на длительную перспективу и при высоких ставках результаты дисконтирования могут получиться внушительными и выводы здесь должны быть хорошо продуманы. Например, при учётной ставке в 15 процентов сумма в 100 евро, которую необходимо выплатить через десять лет, имеет чистую стоимость 12,28 евро. Если же эту сумму предстоит выплатить через 100 лет, то её стоимость даже при ставке в три процента составит всего 5,20 евро. Поэтому в экономическом анализе издержки и прибыль, ожидаемые через 15 лет и позже, при процентной ставке в 15 процентов считаются незначительно малыми (см. таблицу 11).

Таблица 11: Эффект дисконтирования: чистая стоимость

Период дисконтирования (лет)	3%	15%
5	0,86	0,50
10	0,74	0,25
15	0,64	0,12
20	0,55	0,061
30	0,41	0,015
50	0,23	0,00092
100	0,052	-
150	0,012	-

Источник: расчёты автора

Для атомных электростанций, работающих на конкурентном рынке с высокими затратами на капитал, это означает, что издержки и доходы, ожидаемые не раньше, чем через десять лет, не играют при обсуждении экономических аспектов АЭС никакой роли. Поэтому продление срока службы АЭС с 30 до 60 лет не даёт никаких преимуществ, и затраты на модернизацию, которые потребуются примерно через 15 лет, тоже не играют никакой роли.

По предположениям британского правительства самый дорогой этап вывода АЭС из эксплуатации ожидается лишь 135 лет спустя после её остановки – и это означает, что на огромные затраты на вывод АЭС из эксплуатации можно не обращать внимания, даже при очень низкой учётной ставке, как у надёжных капиталовложений с низкой доходностью (примерно три процента). Если мы считаем, что вывод из эксплуатации реактора “Magnox” обходится примерно в 1,8 миллиарда долларов, и его конечная фаза потребует 65 процентов от этой суммы (без „снятия процентов“), т.е. 1,17 миллиарда долларов, то при остановке АЭС будет достаточно инвестиций в 28 миллионов долларов. Эта сумма так вырастет к финальной стадии вывода АЭС из эксплуатации, что покроет все необходимые затраты.

В расчётах действительной стоимости по умолчанию исходят из того, что на протяжении всего срока работы можно получать какой-то доход. Но с учётом того факта, что даже государственный займы, считающиеся надёжными капиталовложениями, выдаются только на срок в 30 лет, и что в истории человечества ещё никогда не было периода непрерывного экономического роста на протяжении 100 лет, такое предположение не кажется оправданным.

В атомной энергетике наблюдается такой парадокс: на стадии инвестиций приходится устанавливать очень высокую учётную ставку (или очень высокий требуемый доход с капитала) в 15 процентов и выше, чтобы определить, принесёт ли инвестиция прибыль, а для стадии вывода из эксплуатации применяют очень низкую учётную ставку, чтобы подсчитать объём предполагаемой прибыли со средств, отложенных на демонтаж АЭС.

Решающим моментом в разрешении этого парадокса является риск. Инвестиции в АЭС всегда были рискованными, потому что строительные издержки часто выходят из-под контроля, может колебаться производительность, на работу станции могут повлиять внешние факторы, а некоторые технологии (например, утилизация высокорadioактивных отходов и вывод АЭС из эксплуатации) ещё полностью не отработаны. В конкурентной экономической среде дополнительным фактором риска является негибкая структура затрат АЭС. Большинство видов издержек имеют место независимо от того, эксплуатируется станция или нет. Атомные электростанции могут быть экономически успешными при высоких оптовых ценах, как у “British Energy” в 1996-1999 годах; но как только оптовые цены падают, как в 2000-2002 годах, то результаты их экономической деятельности ухудшаются. Тот факт, что электростанция на протяжении десятилетия приносила высокую прибыль, не гарантирует её от банкротства в трудные времена. Поэтому кредиторы считают вложения в атомную энергетику очень рискованными и устанавливают высокие процентные ставки, отражающие риск потери вложенных денег.

Приложение 3

Вывод из эксплуатации

В последние годы много внимания уделялось вопросам вывода АЭС из эксплуатации. Причиной этого стало то обстоятельство, что сроки службы некоторых реакторов близятся к завершению, расходы на вывод из эксплуатации выросли до огромных размеров, а меры, которые должны были обеспечить средства на вывод из эксплуатации, оказались неэффективными.

Вывод АЭС из эксплуатации обычно разделяют на три фазы. На первом этапе происходит удаление топливных элементов и обеспечение безопасности реактора. Продолжительность этих мер различна для разных типов реакторов. У реакторов типа PWR и BWR это

происходит быстро, потому что их приходится останавливать при каждой перезагрузке топлива и они сконструированы таким образом, чтобы было возможно ежегодно останавливать реактор и заменять треть топливных элементов. А у реакторов типа AGR и CANDU, в которых топливные элементы заменяют без остановки реактора, этот процесс длится гораздо дольше. Эти реакторы рассчитаны на постоянную замену небольшого количества топлива без остановки реактора. Для этого требуется техника, работающая очень точно – и очень медленно. На полное удаление топлива из активной зоны могут потребоваться годы. Пока топливные элементы не удалены, на АЭС требуется столько же персонала, как и при обычной работе. Поэтому с экономической точки зрения выгодно как можно быстрее завершить этот этап. С технологической точки зрения первый этап прост. В принципе, продолжаются те же работы, что и при нормальной эксплуатации АЭС. Отметим, что утилизация топливных элементов не включается в издержки первого этапа.

На втором этапе демонтируются незаражённые или незначительно заражённые радиацией части конструкции, в результате остаётся только реакторный блок. Это всё тоже довольно простые работы, для которых не требуется особых ноу-хау. С экономической точки зрения выгодно растянуть этот этап на как можно более долгий срок, чтобы потребителям пришлось заплатить максимальную цену – чем дольше длится этот этап, тем больше средств поступает в фонд вывода АЭС из эксплуатации. Предел затягивания наступает тогда, когда становится невозможно обеспечивать безопасность здания и появляется риск обрушения и выброса радиации. В Великобритании планируют начинать этот второй этап через 40 лет после остановки АЭС.

Третий этап, разборка активной зоны реактора, намного дороже первых двух и с технической точки зрения – наиболее сложный шаг, поскольку материалы приходится перемещать с помощью роботов и дистанционного управления. Как и на втором этапе, здесь выгодно растягивать работы настолько, насколько это возможно с точки зрения техники безопасности. В Великобритании на это отводится 135 лет.

В конце третьего этапа участок должен быть (в идеале) пригоден для любого использования. Иными словами, радиоактивное загрязнение территории не должно превышать фоновых значений. Но на практике это не всегда возможно. В некоторых местах, например, в Дунрей (Шотландия), где эксплуатировалась демонстрационная установка реактора-размножителя, территория может использоваться со значительными ограничениями для хозяйственной деятельности

сти и неизвестно, когда эти ограничения будут сняты.

До настоящего времени лишь немногие коммерческие АЭС вывелись из эксплуатации по истечении полного срока службы. Поэтому точно неизвестно, какие расходы придётся нести владельцам АЭС. Постоянно слышатся утверждения, что такие работы уже успешно проводились в меньшем масштабе. Но пока они не будут проведены на большой АЭС, нельзя говорить об освоённой технологии. Многие процессы, успешно освоённые в атомной промышленности в малых масштабах, привели к возникновению проблем, как только их попытались внедрить в больших, коммерческих масштабах.

Большая часть затрат на выведение из эксплуатации приходится на утилизацию радиоактивных отходов. Точно неизвестно, сколько стоит утилизация отходов на современных установках, особенно в отношении средне- и низкорadioактивных загрязнений. Не хватает опыта строительства предприятий по утилизации отходов.

Эта неопределённость отражается в прогнозах расходов на вывод АЭС из эксплуатации. Как правило, эти расходы рассчитывают как процентную долю строительных издержек (например, 25 процентов). Но поскольку расходы на вывод из эксплуатации мало связаны со строительными издержками, можно сделать вывод о том, как мало известно об этих расходах.

Стандартное распределение предполагаемых затрат на вывод из эксплуатации (без дисконтирования) могло бы выглядеть примерно так: одна шестая часть на первый этап, треть на второй этап и половина на третий. Компания “British Energy” была вынуждена создать специальный фонд вывода из эксплуатации своих АЭС, хотя изначально предполагалось, что расходы на первый этап будут покрываться текущими доходами предприятия. BNFL, которой принадлежали реакторы “Magnox” до их передачи в ведение *Nuclear Decommissioning Authority*, представляло собой государственное предприятие, а министерство финансов в принципе не позволяет госпредприятиям создавать специальные фонды. В “British Energy” рассчитывали на учётную ставку в три процента на первые 80 лет и ноль процентов на оставшийся период, а в BNFL пользовались величиной в 2,5 процента на весь период. В 2003/2004 году “British Energy” повысила свою ставку до 3,5 процентов.

Если мы исходим из суммы общих издержек на вывод из эксплуатации в 1,8 миллиарда долларов, распределяющийся, как описано выше, на отдельные этапы, причём первый этап начинается сразу после остановки АЭС, второй – через 40 лет, а третий – через 135 лет, то мы получаем показатели, приведённые в таблице 12.

Таблица 12: Пример расчёта расходов на вывод АЭС из эксплуатации (в миллионах фунтов)

	Без снятия процентов	British Energy (3%)	British Energy (3,5%)	BNFL (2,5%)
Первый этап	300	300	300	300
Второй этап	600	184	151	223
Третий этап	1200	113	76	41
Всего	1800	597	527	564

Источник: расчёты автора

Вывод из эксплуатации британских реакторов с газовым охлаждением окажется, вероятно, чрезвычайно дорогим, потому что на них образуется очень много отходов. Реакторы PWR и BWR намного компактнее. Затраты на Сайзуэлл Б составят, согласно прогнозам, примерно 540 миллионов долларов.

Принцип „загрязнитель платит“ требует, чтобы те, кто потребляет энергию, платили бы за демонтаж АЭС. Если затраты на вывод из эксплуатации окажутся выше прогнозируемых, то неизбежно образуется дефицит, который придётся покрывать будущим налогоплательщикам. В Великобритании прогнозируемые расходы на вывод из эксплуатации реакторов “Magnox” за последние 20 лет выросли в четыре раза и дело ещё не дошло до технически сложных работ.

Самый ненадёжный метод – это метод текущей отчётности, при котором компании резервируют средства для вывода АЭС из эксплуатации. Несмотря на то, что эти резервы создаются за счёт потребителей, они никак не отделены от прочих доходов и компания может использовать их для инвестиций. Резервные средства считаются частью активов компании. Эта система будет надёжной только в том случае, если предприятие действительно просуществует до момента, когда завершится вывод из эксплуатации и накопленный капитал принесёт запланированную прибыль. Несовершенство этой системы проявилось при приватизации в 1990 году “Central Electricity Generating Board” (CEGB) – предприятия, которому до его приватизации принадлежали электростанции в Англии и Уэльсе. Потребители выплатили в резервный фонд примерно 1,7 миллиарда фунтов, но фирма была продана всего за треть своей стоимости, в результате чего было потеряно две трети резервов. Из суммы, полученной в результате продажи, правительство ничего не передало предприятию, купившему атомные станции, то есть и остальные резервы тоже пропали.

Надёжной системой кажутся специальные фонды. Во время эксплуатации АЭС потребители осуществляют выплаты в фонд, к которому владельцы АЭС не имеют доступа и которым управляет третья сторона. Эти средства помещаются для минимизации риска в надёжные финансовые инструменты. Такие инвестиции обычно не приносят доход больше трёх процентов. Когда наступит срок вывода АЭС из эксплуатации, предприятие, которому принадлежит АЭС, сможет воспользоваться этим специальным фондом. Но и с этой системой сопряжён определённый риск, как уже заметили в Великобритании. “British Energy” обанкротилось задолго до того, как атомные электростанции отработали свой срок. Правительству пришлось взять предприятие под свой контроль; за большую часть расходов на вывод АЭС из эксплуатации расплатятся будущие налогоплательщики.

Наименьший риск присутствует тогда, когда специальный фонд создаётся при запуске АЭС, и имеется достаточно средств, чтобы оплатить вывод АЭС из эксплуатации после завершения срока службы. Если мы рассчитываем на срок службы в 30 лет и на учетную ставку в три процента, то требуемая сумма составляет примерно 40 процентов от чистой стоимости станции. Если затраты на вывод из эксплуатации составляют примерно 25 процентов от суммы строительных расходов, то в фонд необходимо внести примерно десять процентов от стоимости строительства. Конечно, и этого тоже не хватит, если АЭС досрочно прекратит свою работу, если прогноз объёма затрат оказался неверным или же фонд не принес ожидаемой прибыли.

Резюмируя, можно сказать, что для вывода АЭС из эксплуатации потребуются крупные суммы. Но даже если выбирать способы финансирования с минимальным риском (те, которые при правильном прогнозировании расходов дают достаточные финансовые резервы для оплаты вывода из эксплуатации), в результате дисконтирования влияние на общую сумму затрат будет ограниченным.

Приложение 4

Современное состояние атомных проектов в США

Southern Company

Судя по всему, в рамках программы „Атомная энергия – 2010“ наибольшего прогресса добился проект Вогтль (Vogtle). В декабре 2009 года предполагалось, что станция с двумя реакторами AP-1000

первой получит кредитные гарантии правительства США. При этом именно первые два реактора Vogtle, построенные в 80-е годы, пережили самый взрывной рост расходов. Изначально предполагалось, что все четыре реакторных блока обойдутся в 660 миллионов долларов. Но затраты на строительство первых двух блоков составили 8,87 миллиарда долларов.

Американская NRC уже выдала “Southern Company” ограниченное разрешение на строительство в Вогтле, в соответствии с которым можно возводить фундамент, несущие конструкции и водонепроницаемые мембраны⁹⁶. Кроме того, NRC выступило с предварительным одобрением проекта, признав, что место строительства реакторов отвечает экологическим требованиям и требованиям техники безопасности. Власти штата Джорджия (Georgia Public Service Commission) согласилась с требованием компании “Georgia Power” (владеет 45,7 процента проекта) в том, что затраты GP по кредитам на 6,4 миллиарда долларов, после 2011 года будут возвращены в виде налоговых льгот⁹⁷. Это решение привело к заявлению “Southern Company” о том, что проект будет реализован даже если не удастся получить гарантий по займам. Кроме того, ожидаемая цена доли компании в проекте снизилась, объём кредитования составит до 4,529 миллиарда долларов, а общая цена 9,9 миллиарда долларов.

South Carolina Electricity & Gas (SCE&G)

Как и в Вогтле, в Саммере (Южная Каролина) предполагается построить два реактора AP-1000. Проект также находился в списке министерства энергетики США, как один из основных кандидатов на получение государственных гарантий. В июне 2008 года компания SCE&G оценила расходы на одно только строительство, без расходов на линии электропередачи и кредиты, в 9,8 миллиарда долларов⁹⁸. В январе 2009 года SCE&G, доля которой в проекте составляет 55 процентов, повысила прогноз своих расходов с 4,8 до 6,3 миллиарда долларов, что соответствует общим затратам в 11,5 миллиарда⁹⁹. Эта сумма была обозначена как „общая цена“, вероятно, она включает в себя и затраты на кредиты.

96. Greenwire: “NRC Grants Limited Work’ Approval for Proposed Ga. Reactors”, 27 августа 2009 г.

97. Platts Global Power Report: Georgia PSC Approves Two Nuclear Reactors by Georgia Power, and a Biomass Conversion, 19 марта 2009 г.

98. Nucleonics Week: “Georgia Power Lowers Estimate”, 13 марта 2008 г.

99. Nuclear Engineering International: “Power Market Developments – The American Way”, июнь 2008 г.

Unistar

Консорциум “Unistar”, совместное предприятие компаний “Constellation Energy” (Baltimore Gas & Electric) и французской EDF, возник в 2007 году. EDF постепенно приобрела 49,9 процента акций атомных проектов “Constellation”. “Unistar” реализует три проекта – Calvert Cliffs (Калвер-Клифс, штат Мериленд), Nine Mile Point (Найн-Майл-Пойнт, штат Нью-Йорк) и Elmore (Элмор, штат Айдахо), в рамках каждого из которых предусмотрено строительство одного реактора EPR. Проект в Калвер-Клифс, также находящийся в списке кандидатов на получение госгарантий, продвинулся дальше всех. Два других проекта, Найн-Майл-Пойнт и Элмор, не будут реализовываться, пока не появятся перспективы получения кредитных гарантий. В декабре 2009 года “Unistar” обратилась в NRC с просьбой приостановить выдачу разрешения на строительство и эксплуатацию в Найн-Майл-Пойнт¹⁰⁰. Проект в Элморе пока находится на более ранней стадии, чем Найн-Майл-Пойнт. В апреле 2009 года председатель правления “Unistar” объявил, что “Constellation” не будет публиковать свои финансовые расчёты для Калверт-Клифс, поскольку эти данные являются, по его словам, конфиденциальными¹⁰¹.

NRG

Проект в Южном Техасе включает в себя два реактора ABWR производства японской „Тошиба“. В марте 2008 года она заняла место „GE-Хитачи“, предложив практически идентичный проект. Это единственный проект с реактором ABWR, хотя вполне возможно, что в рамках некоторых других проектов в будущем реакторы ESBW заменят на ABWR. Проект в Южном Техасе присутствовал в списке кандидатов на получение гарантий американского министерства энергетики. В конце 2009 года данный проект оказался в центре общественного внимания. Совместное предприятие “Nuclear Innovation North America” (NINA), в котором доля NRG составляет 88 процентов, а доля „Тошиба“ – 12 процентов, владеет 50 процентами проекта в Южном Техасе. Другая половина принадлежит компании CPS из города Сан-Антонио. В октябре 2009 года руководство CPS объявило, что хочет снизить свою долю до 20-25 процентов¹⁰²,

100. SNL Power Week (Canada): “SCE&G Discloses New Costs for Summer Nuke Expansion?” 5 января 2008 г.

101. Nucleonics Week: “UniStar Puts Further Hold on Nine Mile Point-3”, 10 декабря 2009 г.

102. Daily Record (Baltimore): “Constellation Energy CEO: French Firm Won’t Influence Baltimore Gas&Electric Co.”, 28 апреля 2009 г.

а в декабре обсуждалась даже возможность выхода из проекта. До этого стало известно, что по прогнозу „Тошиба“ объём расходов на строительство был примерно на четыре миллиарда долларов больше, чем первоначальный прогноз в 13 миллиардов, озвученный компанией CPS властям города. 6 декабря CPS обратилась в суд с просьбой разъяснить свои права в случае выхода из проекта. Конфликт обострился 23 декабря, когда NINA обвинила CPS в нарушении договора и потребовала изъять у CPS сотни миллионов долларов, которые компания инвестировала в проект. Несколько часов спустя CPS подала ответный иск в размере 32 миллиардов долларов, утверждая, что NRG и „Тошиба“ своими „коварными, гнусными и противозаконными действиями“ побудили CPS поддержать проект, а затем попытались исключить CPS из него¹⁰³. В октябре 2009 года стало известно, что затраты на два реактора ABWR, включая затраты по кредитам, прогнозируются в размере примерно 17 миллиардов долларов. Со временных оценок расходов без учёта затрат по кредитам пока нет.

TXU

Станция в Команч-Пик (штат Техас) – единственный проект с использованием реактора APWR. Первоначально он присутствовал в списке кандидатов министерства энергетики США, но затем был перемещён в список ожидания. До сих пор не публиковались оценки строительных издержек проекта в Команч-Пике.

Exelon

В ноябре 2008 года компания „Экселон“ дистанцировалась от планируемого к осуществлению в Виктории (штат Техас) проекта с двумя реакторами ESBWR, но, по некоторым сообщениям, компания ищет альтернативные проекты¹⁰⁴. В июне 2009 года руководство „Экселона“ объявило, что замораживает проект в Виктории на срок до 20 лет, но продолжит процедуру согласования участка для строительства АЭС¹⁰⁵.

Dominion

Проект в Норт-Анна был одним из первых. Изначально там планировалось строительство канадского реактора ACR-700. Но в 2005

103. Nucleonics Week: “NRG “Perplexed” as CPS Explores Exiting Plan for New Texas Reactors”, 10 декабря 2009 г.

104. Antonio Express, “Mayor Calls for Meeting of Reactor Partners”, 5 января 2010 г.

105. Nucleonics Week: “Exelon Drops ESBWR, Looks at Other Reactor Designs for Its Texas Project”, 27 ноября 2008 г.

году руководство „Доминион“ заявило, что сделало выбор в пользу ESBWR. В январе 2009 года компания сообщила, что переговоры с „GE-Хитачи“ об условиях соглашения потерпели неудачу. Руководство „Доминион“ объявило, что „организует конкурс“ для того, чтобы выяснить, найдётся ли такой производитель реактора для проекта Норт-Анна-3, чтобы этот реактор „можно было согласовать и построить на приемлемых для компании условиях“¹⁰⁶. „Доминион“ рассчитывает найти производителя реакторов до конца первого квартала 2010 года.

Entergy

В феврале 2009 года компания “Entergy” отозвала из NRC свои заявки на строительство реакторов ESBWR в Гранд-Галфе (штат Техас) и Ривер-Бенде (штат Луизиана) в связи с ростом цен¹⁰⁷. Джеймс Леонард, председатель правления “Entergy”, заявил, что в своих переговорах с „GE-Хитачи“ на темы планирования, приобретения и строительства ESBWR „предприятие достигло предела своих возможностей“. По его словам, объём затрат вырос до десяти миллиардов долларов, то есть существенно превысил изначальные сметы¹⁰⁸.

Duke Energy

Проект в Ли (Южная Каролина) компании “Duke Energy” предполагает строительство двух реакторов AP-1000. В сентябре 2009 года предприятие объявило, что первый реактор начнёт работать в 2021 году, а второй – в 2023-м, на три года позже запланированных сроков¹⁰⁹. В ноябре 2008 года в “Duke Energy” исходили из стоимости двух блоков (без расходов по кредитам) в 11 миллиардов долларов, что вдвое превышает изначальную смету¹¹⁰.

Progress Energy

В рамках проектов в Харрис (Северная Каролина) и Леви Каунти (Флорида) предполагается строительство четырёх реакторов AP-1000 (по два в каждом). До сих пор компания “Progress Energy” ещё не взяла на себя официальных обязательств по строительству.

106. Greenwire: “Exelon Suspends Plans for Texas Plant”, 1 июля 2009 г.

107. Nuclear News: “Sales Talks Stall with Entergy, Dominion”, февраль 2009 г.

108. Nucleonics Week: “Entergy Revises Construction Plans, Looks again to Acquisitions”, 26 февраля 2009 г., стр. 1.

109. Nucleonics Week: “ESBWR Design Certification Rule To Be Completed in September 2011”, 12 ноября 2009 г.

110. Week: “Duke May Push Back Startup of Lee Units”, 10 сентября 2009 г.

По предварительным планам, эксплуатация первого блока в Харрисе должна начаться в 2019 году, второго – в 2020-м. Рост спроса оказался меньше ожидаемого, “Progress” может предпочесть участие в одном из проектов компаний “Duke Energy” или “Dominion”. Сроки строительства в Леви были также сдвинуты: пуск АЭС запланирован теперь не в 2016/17 году, а в 2019/20-м ¹¹¹. Тем не менее “Progress” получил разрешение компенсировать расходы на строительство объектов Леви-1 и Леви-2, а также связанные с ними работы повышением своих цен на электроэнергию; объём этой компенсации составит почти 207 миллионов долларов. Для среднестатистического покупателя это означает увеличение расходов на 5,86 доллара в месяц ¹¹². В феврале 2009 года „Прогресс“ оценивал расходы на строительство в Леви как 14 миллиардов долларов. Ещё три миллиарда планировалось потратить на энергосети и подключения ¹¹³.

AmerenUE

Руководство “Ameren” сообщило, что реализация проекта по строительству реактора EPR в Галлавее (штат Миссури) приостанавливается, поскольку „законодательство в настоящее время не даёт гарантий финансовой и административной безопасности, которая необходима для реализации данного проекта“ ¹¹⁴.

DTE Energy

“DTE Energy” планирует строительство реактора ESBW в Ферми (штат Мичиган). Сообщается, что он обойдётся примерно в десять миллиардов долларов. Однако неясно, что входит в эту цену ¹¹⁵.

PPL Corporation

PPL планирует построить реактор EPR в Белл-Бенде (штат Пенсильвания). Проект является совместным предприятием основного акционера PPL и “Unistar”. На сайте проекта можно прочесть, что расходы составят от 13 до 15 миллиардов долларов; в этой сумме учтена инфляция, кредитование, первая загрузка топливом, побочные

111. WNN: “Duke Raises Cost Estimate for Lee Plant”, 7 ноября 2008 г.

112. Inside NRC, “Potential AP1000 Buyers Unsure If NRC Design Finding Will Cause Delays”, 26 октября 2009 г.

113. Nuclear News: “The Florida PSC Approved Rate Recovery for New Reactors”, ноябрь 2009 г.

114. Nuclear News: “EPC Contract Signed for Two AP1000s”, февраль 2009.

115. Ameren: “AmerenUE Requests Sponsors to Withdraw Missouri Clean and Renewable Energy Construction Bills in General Assembly”, сообщение для прессы, 23 апреля 2009 г. <http://ameren.mediaroom.com/index.php?s=43&item=634>

расходы и отчисления в резервный фонд ¹¹⁶.

Amarillo Power

„Амарилло“ планирует строительство двух реакторов EPR. И здесь было создано совместное предприятие, в данном случае между “Unistar” и “Amarillo Power”. По состоянию на конец 2009 года предприятие пока не обращалось за разрешением на строительство и эксплуатацию.

FPL

В Тёрки-Пойнт предполагается строительство двух реакторов AP-1000. В ноябре 2009 года надзорное ведомство штата Флорида (Florida Public Service Commission) выдало предприятию FPL разрешение после 2010 года взыскать с потребителей свои затраты на строительство двух реакторов. Были согласованы затраты в размере 62,7 миллиарда долларов¹¹⁷. FPL сообщила надзорному ведомству, что предприятие рассчитывает на строительные расходы (без учёта затрат по кредитам) в размере от 3108 до 4540 долларов за киловатт¹¹⁸. В сентябре 2009 года руководство FPL сообщило, что рамки предполагаемых расходов увеличились с 12,1-17,8 до 15-18 миллиардов долларов, а запланированный на 2018 и 2020 годы пуск реакторов придётся отложить ¹¹⁹.

TVA

Компанию “Tennessee Valley Authority” во многих отношениях нельзя сравнивать с другими энергетическими компаниями США, потому что она полностью принадлежит правительству США и поэтому, в отличие от других компаний, не подчиняется властям штата. По этой причине она легче получает доступ к капиталам и ей не приходится беспокоиться насчёт своей кредитоспособности. Ей не нужны и кредитные гарантии штата – соответственно, она не претендует на них. Поэтому неудивительно, что TVA особенно активно выступает за новые АЭС. Однако ситуация с двумя реакторами AP-1000, строительство которых TVA планирует в Бельфонте (один из первых проектов в рамках программы „Атомная энер-

116. Detroit Free Press: “DTE Applies for Another Nuclear Plant”, 19 сентября 2008 г. <http://www.freep.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20080919/NEWS05/809190398>

117. <http://www.bellbend.com/faqs.html>

118. Tenders Info: “United States: Florida Nuclear Utilities Recover Expansion Costs”, 22 октября 2009 г.

119. Nuclear Engineering International: “Power Market Developments”

гия – 2010“), ухудшилась после того, как TVA решила завершить строительство двух старых объектов, строительство которых было остановлено в середине 80-х годов. В декабре 2009 года TVA обнародовала свою декларацию, посвящённую экологическим последствиям различных строительных проектов. В этой декларации не упоминалось о втором реакторе AP-1000 в Бельфонте – судя по всему, его больше нет в планах ¹²⁰. Если удастся получить разрешение на достройку старых, недостроенных реакторов, то это обойдётся гораздо дешевле, чем строительство нового реактора. Прогноз TVA для строительных расходов (без затрат по кредитам) для двух реакторов AP-1000 составляет 5,6-10,4 миллиарда долларов ¹²¹.

120. Nucleonics Week: “FP&L Continuing with Plans to Build Reactors, but May Change Schedule“.

121. Nuclear News: “TVA Announced the Issuance of Its Bellefonte Draft EIS”, декабрь 2009 г.



Атомное оружие и атомная энергия – сиамские близнецы или решение двойного нуля?

Отфрид Нассауэр



Как ядерная держава, как единственное государство, использовавшее ядерное оружие, США имеют моральную обязанность действовать... Поэтому сегодня я заявляю о стремлении Америки к миру и безопасности, к планете без ядерного оружия. Я не наивный. Эта цель не может быть достигнута быстро – наверное даже не в течение моей жизни. Придётся быть упорными и терпеть. Мы должны игнорировать тех, кто говорит, что мир нельзя изменить. Мы должны настаивать, „да, мы можем“... Вместе мы усилим Договор о нераспространении ядерного оружия, как основу для сотрудничества. Основное условие: страны с ядерным оружием двигаются к разоружению, страны без такого оружия не пытаются получить его, и все страны имеют право на гражданское использование атомной энергии... Мы должны использовать атомную энергию в деле борьбы с изменением климата и стремиться к миру для всех людей¹.

Барак Обама, Прага, 05.04.2009

Год назад президент США Барак Обама возродил надежду на мир, свободный от атомного оружия. В своей речи в Праге он объявил такой мир своей целью и пообещал воспользоваться своим президентским сроком для того, чтобы сделать первые шаги в этом направлении, чтобы добиться прогресса в ядерном разоружении и в борьбе с распространением ядерного оружия. Год спустя эта тема оставалась по-прежнему одной из главных в повестке дня американского президента. В центре внимания общественности в апреле 2010 года находились:

подписание нового договора о сокращении стратегических наступательных вооружений между США и Россией (СНВ-III);

опубликование действующей ядерной стратегии США (Nuclear Posture Review), в которой правительство представляет Конгрессу свою будущую политику в области ядерных вооружений;

межправительственная конференция по безопасности расщепляющихся материалов, пригодных для производства оружия, организованная в Вашингтоне по инициативе Барака Обамы;

конференция министров иностранных дел стран НАТО, на которой предполагается обсудить будущее ядерного оружия в НАТО и в Европе;

очередная конференция по контролю за соблюдением договора о нераспространении ядерного оружия².

1. http://www.whitehouse.gov/the_press-office/Remarks-By-President-Barack-Obama-In-Prague-As-Delivered Рукопись этого доклада была завершена в середине апреля 2010 года. Все ссылки на источники в Интернете были в последний раз проверены 13 апреля 2010 года.
2. В связи с тем, что текст переводится с немецкого, нужно упомянуть, что в нём присутствует название Atomwaffenstillvertrag, принятое только в Германии. В других странах договор называют Договором о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО).

К этому добавим попытки ужесточить санкции Совета Безопасности ООН в отношении Ирана в связи с его ядерной программой.

Итак, общественная дискуссия строится вокруг следующих тем: будущее ядерного оружия, сокращение его количества и будущее политики нераспространения. И ещё одна тема присутствует рядом: будущее атомной энергетики.

И это не случайно. Дело в том, что военное и гражданское использование ядерной технологии тесно связаны. Гражданское применение ядерной технологии может дать знания, материалы и возможности для достижения военных задач. Именно поэтому ядерные программы, объявленные исключительно гражданскими, всегда вызывают опасения из-за вероятности ядерного распространения. Актуальный пример подобного рода – многолетний конфликт из-за ядерной программы Ирана.

Вполне возможно, что гражданское использование атомной энергии переживёт в ближайшие десятилетия настоящий ренессанс. Это связано с растущими потребностями человечества в энергии, прежде всего электрической, а также с усилиями в борьбе с катастрофическим изменением климата Земли посредством снижения выбросов CO_2 . Барак Обама в своей пражской речи особо подчеркнул возможный вклад атомной энергетики в борьбу с изменением климата. Он заявил о предоставлении государственных гарантий в объёме более 50 миллиардов долларов, которые призваны стимулировать строительство новых АЭС. Сторонники такой политики утверждают, что атомная энергетика позволяет производить большое количество электроэнергии без выбросов CO_2 . С точки зрения климата это является преимуществом. Но перевесит ли это преимущество тот риск, который связан с использованием и распространением атомной энергии? Является ли применение атомной энергии во всё большем количестве стран, даже ради сохранения климата, более важным, чем угроза распространения ядерного оружия? Или возрастающая угроза для безопасности всё-таки перевесит предполагаемую пользу для климата?

Центральные элементы топливного цикла гражданской атомной энергетики ставят человечество перед лицом опасностей, характерных для ядерной технологии. Например, обогащение урана можно использовать не только для получения топлива для атомных реакторов, но и для производства материалов, из которых можно изготавливать ядерное оружие. И разница тут скорее количественная, чем качественная. Многие реакторы производят не только электроэнергию, но и плутоний, который можно использовать для создания ядерного

взрывного устройства. На регенерационных установках можно получать не только реакторный плутоний, но и оружейный плутоний. Технологии, соответствующие знания и ядерные материалы могут попасть в третьи руки. Специалисты могут переезжать из страны в страну. Само наличие широкого спектра экспортных проверок, тестов на надёжность для сотрудников и политики ядерного нераспространения свидетельствуют о том, насколько серьёзна угроза распространения ядерного оружия.

В дальнейшем мы постараемся показать, не вдаваясь в технические детали, насколько тесно связаны возможности гражданского и военного использования ядерной технологии и как переплетены связанные с этим угрозы. Они напоминают сиамских близнецов. Результатом становится угроза распространения военного применения ядерных технологий. В конечном счёте, только отказ от обоих видов использования атомной энергии („двойной ноль“³) позволит реализовать мечту о мире без ядерного оружия, потому что только при этом условии можно будет обеспечить и проконтролировать отсутствие военного применения ядерных технологий.

1. Усилия по нераспространению – история вопроса

Во времена конфликта между Востоком и Западом опасения из области нераспространения относились прежде всего к государствам, которые, предположительно, могли интересоваться материалами, технологиями и знаниями в области атомных вооружений. В 60-е и в начале 70-х годов к этим странам относились, например, ФРГ, Индия, Израиль, Япония, Швейцария и Швеция. В середине 70-х и в начале 80-х годов такие страны, как Аргентина, Бразилия, Египет, Индия, Ирак, Пакистан, Южная Корея, Тайвань и ЮАР входили в группу государств, чьи атомные амбиции вызывали подозрение. С начала 90-х годов это уже были Ирак, Иран, Пакистан и Северная Корея. Почти все страны, не обладающие ядерным оружием, но реализующие крупномасштабные программы ядерных исследований и использования атомной энергии, попадали ещё в начале развития своих программ под критические взгляды и подвергались проверкам на предмет намерений.

Тем не менее, число стран, располагавших ядерным оружием в

3. Решением „двойного нуля“ назвали договор о ликвидации ракет средней и меньшей дальности 1987 года. Этот договор о ядерном разоружении ликвидировал в арсеналах НАТО и стран Варшавского договора два класса ракет. С тех пор страны, подписавшие договор – Россия и США, – не имеют права обладать наземными ракетами дальностью действия от 500 до 5500 километров.

конце конфликта между Востоком и Западом, оставалось на удивление небольшим. Это произошло прежде всего благодаря договору о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО). Дальнейший вклад внесли усилия Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), к задачам которого относится контроль над гражданскими атомными установками. Упомянем также многосторонние и национальные правила по технологическому и экспортному контролю, добровольные обязательства, взятые на себя неядерными странами, гарантии безопасности, предоставляемые ядерными державами, а в случае реальной угрозы военного применения ядерных технологий – и дипломатическое давление, меры по принуждению со стороны международного сообщества.

К пяти ядерным странам, подписавшим договор о нераспространении атомного оружия, добавились во время холодной войны лишь Израиль, Индия и ЮАР. Что касается Индии и Израиля, то ещё во время обсуждения договора США предполагали, что не смогут удержать эти государства от создания ядерного оружия. Через несколько лет это подтвердилось. Поэтому страна апартеида ЮАР является практически единственным государством, которому в этот период более или менее неожиданно удалось создать ядерное оружие, несмотря на режим нераспространения. После окончания Холодной войны это удалось Пакистану, а по некоторым данным и Северной Корее, т.е. первому государству, подписавшему ДНЯО в качестве неядерного государства.

В начале 90-х годов, под влиянием окончания Холодной войны, на короткое время появилась надежда, что атомное разоружение и усилия по нераспространению приведут всё же к освобождению мира от угрозы уничтожения. США и Россия быстро договорились и заключили соглашения о сокращении ядерных вооружений большой дальности (договоры по СНВ), а после президентских ядерных инициатив и на одностороннее сокращение тактических ядерных вооружений. ЮАР после отказа от политики апартеида отказалась и от своего атомного арсенала. Белоруссия, Казахстан и Украина согласились, пусть и под давлением, отказаться от атомного оружия, доставшегося этим странам от СССР и подписать ДНЯО в качестве неядерных стран. Также в качестве неядерных стран договор подписали Бразилия и Аргентина – страны, в отношении которых долго существовали опасения, что они имеют планы создания ядерного оружия. В 1995 году удалось согласовать неограниченное по времени и не связанное дополнительными условиями продление ДНЯО, изначально рассчитанного на 25 лет.

Но с тех пор ситуация вновь сильно изменилась. Правительства многих стран опять считают ядерное распространение одной из главных угроз международной безопасности. Этому способствовали различные факторы. Ядерные страны не так быстро сокращали свои арсеналы, как надеялись многие неядерные государства после окончания конфликта между Востоком и Западом. Ядерные державы всё чаще говорят о необходимости модернизации своих ядерных арсеналов, давая понять тем самым, что собираются сохранить эти арсеналы на десятилетия. Распад Советского Союза и последующая слабость России принесли новые заботы: смогут ли молодые, охваченные кризисом страны, возникшие на месте СССР, в достаточной мере обеспечить безопасность ядерных вооружений, материалов, технологий и специальных знаний? Кроме того, после иракской „войны в заливе“ в 1991 году международные инспекторы выявили секретную иракскую программу по созданию атомного оружия. В 1998 году в список ядерных держав пришлось добавить Пакистан (что, впрочем, давно ожидалось), потому что эта страна провела первые успешные испытания ядерного оружия. И, наконец, КНДР после длительных отговорок в 2003 году стала первой страной, вышедшей из договора о нераспространении и объявившей о наличии у неё ядерного оружия.

После терактов 11 сентября 2001 года внимание общественности к угрозе ядерного распространения вновь возросло. Соединённые Штаты, пострадавшие от терактов, в анализе вероятных угроз своей безопасности в числе главных источников определили новую группу: это международные негосударственные структуры, например, террористы, организованная преступность, религиозные экстремисты и транснациональные концерны. Многие эксперты уже десятки лет назад обратили внимание на эти структуры, но политики и широкая общественность всерьёз обеспокоились только после терактов в Нью-Йорке и Вашингтоне. Что если при будущих атаках террористы применят атомное оружие или хотя бы „грязную бомбу“ из радиоактивных материалов и традиционных взрывчатых веществ?

На самом деле большая часть этого обострившегося внимания была и остаётся связана с политиками, исследовательскими центрами и промышленностью в США и других странах. Эти люди и структуры с большим успехом попытались извлечь из террористической угрозы (и особенно из угрозы террора с использованием оружия массового поражения) рыночные преимущества для продажи своих товаров и услуг, а также получить доступ к соответствующим финансовым ресурсам. В правительстве Джорджа Буша они встречали

всестороннюю поддержку ⁴. Тем не менее, не подлежит сомнению: международные террористические группировки действительно могут попытаться получить доступ к ядерным материалам и технологиям. Если эти группировки действительно планируют создать, украсть или купить атомные бомбы – грязные, примитивные или самые настоящие, то одна лишь возможность того, что у них это может получиться, представляет собой огромную проблему.

Поскольку нераспространение вновь стало главной темой в международной политике безопасности, всё больше внимания получают угрозы, которые связаны с гражданскими и военными ядерными программами. Хорошим примером является дискуссия о ядерной программе Ирана: эта страна вызывает недоверие не только потому, что тайно ввезла компоненты своей ядерной технологии и нарушила обязательства в качестве неядерного государства, согласно ДНЯО обязанного принимать инспекторов МАГАТЭ, но и из-за ситуации с Ираком и КНДР. Иракский пример ясно продемонстрировал, что страна может развивать военную атомную программу под прикрытием гражданской и скрыть её от проверок МАГАТЭ. КНДР тоже сначала заявляла о „гражданской“ ядерной программе, а потом перешла к военной. Несмотря на то, что КНДР довольно рано попала под подозрение и в отношении страны были введены жёсткие санкции, она настолько приблизилась к созданию ядерного оружия, что вышла из договора о нераспространении и заявила о наличии у неё ядерного оружия. На протяжении нескольких лет КНДР демонстрировала готовность к проведению первых ядерных испытаний ⁵. В результате часто звучит такой аргумент: нужно воспрепятствовать тому, чтобы Иран стал „второй Северной Кореей“. Даже если бы иранская атомная программа и намерения государства были исключительно „гражданскими“, как утверждают в Тегеране, международное сообщество всё равно было бы вынуждено не доверять Ирану из-за случая с Северной Кореей.

Все гражданские атомные программы, выходящие за пределы эксплуатации импортных реакторов на лёгкой воде и ориентированные на контроль над топливным циклом, рассматриваются теперь более

4. И даже при Бараке Обаме, который в докладе “Nuclear Posture Review” в апреле 2010 года объявил борьбу с ядерным терроризмом приоритетом своей политики, подобные шаблоны вновь и вновь появляются в академических кругах. Ср.: <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/al-qaeda-wmd-threat.pdf> и критика в ответ: <http://sitrep.globalsecurity.org/articles/100126542-the-busted-watch-of-us-wmd-thr.htm>.

5. Большинство экспертов не считают северокорейские ядерные испытания успешными.

скептически, чем раньше. Иран стал первой страной, вступившей в конфликт с новой политикой в области нераспространения. Это может стать прецедентом для будущей политики в отношении стран, стремящихся к крупномасштабному использованию ядерной технологии.

2. Гражданские атомные установки – краткий обзор

По данным МАГАТЭ в 2009 году 32 из 193-х стран мира эксплуатировали в общей сложности 438 коммерческих атомных реакторов для производства электроэнергии. В прошлом году велось строительство 54 новых блоков. Пять реакторов были остановлены на ремонт ⁶. Работающие реакторы покрывали меньше пяти процентов от общего мирового энергопотребления, хотя и вырабатывали в 2007 году примерно 14 процентов всей мировой электроэнергии ⁷. Подавляющее большинство коммерческих атомных реакторов находится в промышленно развитых странах. В 2008 году в США было 104 реактора, во Франции 59, в Японии 55, в России 31 и в Великобритании 19. В Германии работают 17 реакторов, в Канаде 18 и на Украине 15. В Южной Корее 20 АЭС, в Индии 17 и в Китае 11. В Тайване эксплуатируются шесть, в Аргентине, Мексике, Пакистане и ЮАР по две станции ⁸. Новые реакторы строятся в основном в Китае (21), России (9), Индии (6) и в Южной Корее (6) ⁹. Иран близок к запуску своего первого реактора в Бушере и планирует строительство новых. Большинство энергоблоков представляют собой реакторы с водой под давлением (264). Кроме того, используются реакторы на тяжёлой воде (44), реакторы с кипящей водой (94), реакторы с лёгкой водой в качестве теплоносителя и с графитом в качестве замедлителя (16), а также реакторы с газовым охлаждением и графитом в качестве замедлителя (18). Подавляющее большинство АЭС использует в ка-

6. IAEA: Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No 2, 2009 Edition, Vienna, 2009, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/RDS2-29_web.pdf „y: <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>

Задача МАГАТЭ – не только следить за нераспространением ядерного оружия, но и способствовать гражданскому использованию атомной энергии. Поэтому эта организация неспособна на по-настоящему критический взгляд на „мирный атом“. По той же причине предоставляемые ею данные иногда приукрашены. Это бросается в глаза, когда самые пессимистичные прогнозы МАГАТЭ оказываются оптимистичнее, чем оптимистичные прогнозы Международного энергетического агентства или министерства энергетики США. Зато данные МАГАТЭ появляются регулярно, они основаны на информации стран-участниц и на собственных исследованиях МАГАТЭ в результате мониторинга ядерных объектов по всему миру. Других открытых и достоверных источников таких данных нет.

7. <http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2008/np2008.html> в 2004 году было ещё 16 процентов.

8. IAEA: там же, стр. 10.

9. IAEA, там же, дополнено в: <http://www.iaea.org/cgi-bin/db.page.pl/pris.opercap.htm>

честве топлива низкообогащённый уран (“Lowly Enriched Uranium”, LEU), в котором содержится от двух до пяти процентов урана-235. Некоторые станции, например, с реакторами на тяжёлой воде, могут работать на природном уране. На сегодняшний момент существует только два реактора-размножителя на быстрых нейтронах ¹⁰.

Большинство стран, эксплуатирующих АЭС, не располагают полным замкнутым топливным циклом; обычно в этих странах есть либо только реакторы, либо реакторы и отдельные элементы топливного цикла ¹¹. То есть речь идёт о разомкнутых топливных циклах. Замкнутые топливные циклы характерны для тех стран, которые имеют или имели в прошлом атомное оружие, либо способны на его создание. Крупнейшее ядерное государство, США, располагает разомкнутым топливным циклом, потому что в 1980 году Вашингтон решил отказаться от регенерации отработавшего топлива реакторов.

Уран ¹², используемый в реакторах в качестве топлива, поступает из двух источников. Почти две трети поступают с урановых рудников, расположенных в 19 странах и выдающих от 40 до 50 тысяч тонн природного урана ежегодно. Основными поставщиками являются Канада, Австралия и Казахстан. В общей сложности эти страны поставляют почти 60 процентов свежего урана. К крупным поставщикам относятся также Нигер, Россия, Намибия и Узбекистан ¹³. Иран вот уже несколько лет добывает уран для собственных нужд. В 2003 году 46 процентов урана, используемого в мире на гражданских реакторах, поступало из „вторичных“ источников, к которым относятся обогащение обеднённого урана, регенерация отработавшего топлива и обеднение высокообогащённого урана (“Highly Enriched Uranium”, HEU) из военных запасов.

Сегодня же эта доля составляет чуть более 30 процентов ¹⁴. Известно, какой будет доля вторичных источников в будущем. Эта величина зависит от того, будут ли в дальнейшем страны, имеющие атомное

10. IAEA, там же, стр. 61.

11. Замкнутый ядерный топливный цикл – это такой цикл, в котором реакторное топливо изготавливается из природного урана, затем помещается в реактор, а после использования отправляется на переработку, в результате которой выделяется ядерный материал, из которого вновь делают топливо. Незамкнутый топливный цикл имеет место, когда топливо проходит через реактор только один раз. В этом случае отработавшее топливо не регенерируют, а утилизируют.

12. Много полезной информации об уране, топливном цикле и об установках по переработке урана во всём мире представлено на сайте проекта Uranium WISE. Ср.: www.wise-uranium.org

13. <http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2008/fuelcycle.pdf>

Эти данные базируются на так называемой „Красной книге“, которую раз в два года публикуют МАГАТЭ и ОЭСР. Источник, указанный выше, основан на издании 2008 года, поскольку издание за 2010 год ещё не вышло в свет. Данные „Красной книги“ также представлены и регулярно обновляются в Интернете: www.wise-uranium.org/umaps.html

14. Там же.

оружие, предоставлять высокообогащённый уран из своих военных запасов для его обеднения (“Downblending”)¹⁵ и будут ли существенно увеличены мировые мощности по переработке (регенерации).

МАГАТЭ и ОЭСР считают, что спрос на уран ещё в течение 83 лет может удовлетворяться за счёт разработки известных месторождений при сохранении современного уровня потребления, при росте потребления срок, соответственно, уменьшается¹⁶. В ОЭСР ожидают роста спроса на „свежий“ уран после 2020 года и составили список 43 стран, располагающих существенными залежами урана. Обе организации прогнозируют рост использования атомной энергии.

Для обогащения урана могут использоваться различные технологии. Шире всего распространено обогащение с помощью газовых центрифуг. Используются также газовая диффузия, электромагнитное разделение изотопов и так называемый процесс Беккера. Пять „старых“ ядерных держав используют установки для обогащения в гражданских целях, но пользовались ими и в военных целях¹⁷. Пакистан также применяет обогатительные установки в военных и гражданских целях¹⁸. Германия, Нидерланды, Япония и ЮАР эксплуатируют коммерческие обогатительные установки в гражданских целях. В Австралии и Южной Корее имеются экспериментальные и малые установки, проводятся лабораторные исследования. Иран близок к тому, чтобы обеспечить себя необходимыми мощностями по обогащению; речь идёт о нескольких установках и имеются подозрения, что в будущем они будут работать на военную ядерную программу¹⁹.

15. В ходе „разбавления“ (downblending), упрощённо говоря, высокообогащённый уран смешивается с другим ураном, пока не достигается лишь небольшая степень обогащения.

16. В своём оптимистичном прогнозе до финансового кризиса 2008 года МАГАТЭ исходило из того, что к 2030 году выработка электроэнергии на ядерных реакторах удвоится по сравнению с 2008 годом – с 372 гигаватт до 748 гигаватт. Предполагается, что будет построено множество новых реакторов. В таких оптимистичных прогнозах будущего атомной энергии отражается стремление МАГАТЭ развивать гражданское использование атомной энергии, это стремление отражается также во всё более оптимистичных высказываниях относительно доступных месторождений урана и перспектив получения ядерного топлива.

17. Китай, Франция, Великобритания, Россия и США больше не производят обогащение урана в военных целях.

18. Индия и Израиль начинали экспериментальные программы по обогащению урана; тем не менее, их ядерное оружие было создано на базе плутония.

19. Иран построил испытательную установку, в которой работали три типа центрифуг. Строится новая обогатительная установка, в которой будут работать до 50 тысяч центрифуг. На этой установке с помощью тысяч центрифуг уран будет обогащаться до пяти процентов. В дальнейшем предполагается обогащать уран до 20 процентов, чтобы снабжать топливом иранский исследовательский реактор. Кроме того, Иран объявил о строительстве порядка десяти станций меньшего размера, одна из которых уже строится. С учётом конфликта из-за иранской ядерной программы возможно, что с помощью такого невыгодного строительства большого числа небольших установок Тегеран старается затруднить их уничтожение при возможной атаке с воздуха.

Северную Корею подозревают в обладании тайной военной программой по обогащению урана. В Бразилии в мае 2006 года вступили в строй первые центрифуги небольшого коммерческого предприятия, занимающегося обогащением урана. Эти центрифуги способны обогащать уран до пяти процентов, но их можно использовать и таким образом, чтобы получать более обогащённый уран. Имели место конфликты с МАГАТЭ, связанные с уровнем доступа к этим центрифугам, который Бразилия обязана обеспечить для инспекторов агентства²⁰. Установка работает в тестовом режиме с 2009 года.

Топливные стержни, применяемые в реакторах, можно либо отправлять на длительное хранение²¹, либо отправлять на переработку (регенерацию) на коммерческие предприятия в Великобритании, Франции и России. В 2008 году Япония стала первой страной, не имеющей ядерного оружия, но эксплуатирующей коммерческую установку по переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ)²².

В регенерационных установках используется современная версия пьюрекс-процесса (Plutonium-Uranium Recovery by EXtraction, PUREX — регенерация урана и плутония посредством выделения), с помощью которого из ОЯТ восстанавливается уран и отделяется образовавшийся плутоний. Военные регенерационные установки, на которых изготавливают плутоний для ядерного оружия, имеются не только в пяти основных ядерных державах, но и в Израиле, Индии, Пакистане и КНДР.

Некоторые страны, например Германия, Бельгия, Швейцария и Нидерланды, эксплуатирующие гражданские АЭС, отправляют отработавшие топливные стержни на переработку за границу. Реакторный плутоний, который получается в результате переработки, может отправляться обратно за границу, на хранение или использоваться в других установках для производства МОКС-топлива (Mixed Oxides of Uranium and Plutonium, MOX – смешанные оксиды урана и плутония). Выделенный реакторный плутоний некоторые развитые страны складывают на собственной территории, либо в тех странах, в кото-

20. Бразилия якобы опасается промышленного шпионажа, потому что разрабатывает новые, более эффективные и дешёвые центрифуги. Представители Бразилии заявляют, что МАГАТЭ может проводить свои инспекции и без ознакомления со всеми техническими деталями бразильских центрифуг. Ср.: http://www.giga-hamburg.de/dl/download.php?d=/content/publicationen/pdf/gf_lateinamerika_0606.pdf Об актуальной ситуации см.: http://www.swp-berlin.org/common/get_document.php?asset_id=6948

21. Топливный цикл в таком случае остаётся открытым, такой процесс называется “once through”.

22. Ср.: <http://www.sckcen.be> Регенерационная установка в Рокашо-Мура может перерабатывать 800 тонн отработавшего топлива в год. Для снижения риска распространения выделенный плутоний на месте перерабатывается в МОКС.

рых производилась регенерация топливных элементов ²³. Хранение в странах, не имеющих ядерного оружия, контролируется МАГАТЭ (т.н. “safeguards”) ²⁴. То же самое относится и к установкам по производству МОКСа. Инспекции в странах с ядерным оружием могут происходить только при согласии самой страны.

Большинство развивающихся стран, имеющих АЭС, не занимаются переработкой. Вместо этого ОЯТ складировается или отправляется обратно в страны-поставщики топлива. Отработавшее ядерное топливо содержит большую часть реакторного плутония, имеющегося в мире в настоящее время. Без решения вопроса о том, как в конечном счёте поступить с этими высокорadioактивными и очень опасными отходами, трудно предположить, станет ли этот плутоний в долгосрочной перспективе причиной новых угроз в области нераспространения.

Бельгия, Франция, Великобритания, Индия и Япония производят в коммерческих целях МОКС-топливо. С одной стороны, использование МОКСа делает возможным ограничение количества выделенного реакторного плутония; с другой стороны, в результате в топливный цикл попадает больше плутония. К странам, использующим МОКС-топливо относятся Бельгия, Германия, Швеция и Швейцария ²⁵. Известно, что в Китае тоже рассматривают такую возможность. Япония и Россия планируют использовать МОКС на быстрых реакторах. Германия ранее планировала крупномасштабное производство МОКСа, но к настоящему времени демонтировала и опытные установки, и предприятие по коммерческому производству МОКСа. Россия и США начинают производство МОКСа, чтобы уменьшить свои запасы оружейного плутония.

Высокообогащённое топливо в 2004 году использовалось примерно на 130 исследовательских реакторах. До 2010 году это число

23. Существующие регенерационные установки способны перерабатывать только треть нарабатываемого ОЯТ, установки по производству МОКСа обладают ещё меньшей производительностью, поэтому большая часть реакторного плутония содержится в ОЯТ и просто отправляется на хранение. Количество ОЯТ постоянно растёт, как и количество выделенного реакторного плутония.

24. В странах, входящих в „Евроатом“, инспекции на гражданских ядерных объектах проводит „Евроатом“, а не МАГАТЭ. То есть эти страны контролируют друг друга в рамках многостороннего сотрудничества.

25. Необходимым условием такого способа утилизации плутония является наличие реакторов на лёгкой воде или быстрых нейтронах, способных работать на МОКС-топливе. Однако за время, которое остаётся до полного отказа Германии от использования атомной энергии, невозможно утилизировать весь выделенный реакторный плутоний, поэтому необходимо искать дополнительные возможности его утилизации.

практически не изменилось²⁶. Среди них – единственный немецкий исследовательский реактор Гархинг-2²⁷, который работает на уране, обогащённом до 93 процентов. Использование высокообогащённого топлива в таких реакторах уже давно вызывает опасения в связи с угрозой безопасности и риском ядерного распространения, потому что с таким топливом относительно легко обращаться при невысоком риске, а во многих исследовательских центрах нет эффективных систем безопасности. Значительные количества использованного высокообогащённого топлива до сих пор хранятся в остановленных исследовательских реакторах в разных странах мира. Больше половины из 380 реакторов, выведенных из эксплуатации до 2004 года, не были полностью демонтированы²⁸.

Элементы гражданского топливного цикла, представляющие наибольшую угрозу с точки зрения нераспространения:

- технологии и установки по обогащению урана;
- высокообогащённое топливо (HEU) для исследовательских и судовых реакторов;
- исследовательские реакторы и АЭС, способные нарабатывать плутоний;
- регенерационные установки, позволяющие выделить плутоний;
- хранилища оружейного плутония, выделенного реакторного плутония и высокообогащённого урана;
- исследовательские и прочие установки для производства материалов, пригодных для создания ядерного оружия, например, трития или полония-210.

26. Ср.: <http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/ResearchReactors/security20040308.html> Актуальные данные о статусе каждого исследовательского реактора МАГАТЭ приводит здесь: <http://www.iaea.org/worldatom/trdb/> Судя по всему, в 2010 году эксплуатировалось примерно такое же количество реакторов (130). Ср.: Matthew Bunn: Managing the Atom 2010, Harvard University/Nuclear Threat Initiative, апрель 2010 г., стр. 43. Ср.: http://www.nti.org/e_research/Securing_The_Bomb_2010.pdf

27. Реактор Гархинг-2 эксплуатируется с 2004 года, вопреки настоятельной рекомендации США, на уране с обогащением 93 процента, импортируемом из России. Предполагалось, что реактор будет модифицирован в течение 2010 года, если это окажется возможно с технической точки зрения. Но поскольку альтернативного вида топлива пока нет, он и в дальнейшем будет работать на высокообогащённом уране. Ведутся исследования относительно использования ураново-молибденового топлива с более низкой степенью обогащения (до 60 процентов). Возможно, что такое топливо начнут использоваться в конце текущего десятилетия.

28. Ср.: <http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/ResearchReactors/security20040308.html> Актуальные данные о статусе каждого исследовательского реактора МАГАТЭ приводит здесь: <http://www.iaea.org/worldatom/trdb/>

3. Государства как фактор риска для ядерного нераспространения

Факторы риска с точки зрения ядерного нераспространения, связанные с гражданскими топливными циклами, можно разделить на две группы. В первую группу входят опасности, проистекающие из недостаточного контроля в рамках гражданской атомной программы. Ядерные материалы и технологии могут быть похищены, переправлены за границу для поддержки военной атомной программы в другой стране. Самый известный пример – похищение Абдулом К. Ханом центрифужной технологии компании URENCO (Uranium Enrichment Company) в Нидерландах. А последующие действия его организации по снабжению Ирана, Ливии и КНДР ядерными технологиями и оборудованием свидетельствуют о том, что получатель результата ядерного распространения может сам стать источником распространения²⁹. И ещё: „эмигрировать“ могут не только ядерные материалы и технологии, но и образованные специалисты („утечка мозгов“). Различные факторы риска для нераспространения могут проявляться по отдельности и вместе.

Другая форма угрозы распространения базируется на тех же элементах: ядерных материалах, технологиях и специалистах. Существующую гражданскую атомную программу можно использовать для того, чтобы параллельно с ней создавать ядерное оружие. В этом случае государство само пользуется имеющимися возможностями, опираясь, в первую очередь, на внутренние источники. Импортируются только те ресурсы, которых нет в стране и которые невозможно изготовить.

Для того чтобы получить возможность создавать атомное оружие, заинтересованные в этом структуры могут пойти двумя путями. Они могут попытаться сконструировать оружие на основе урана или плутония. В обоих случаях им потребуется значительное количество делящихся материалов. По оценкам МАГАТЭ для создания простой, но эффективной атомной бомбы требуется 25 килограммов высокообогащённого урана (содержащего не менее 90 процентов по урану-235) или восемь килограммов плутония-239³⁰.

29. Ср.: Egmont R. Koch: Atombomben f[ür Al Qaida, Berlin 2005.

30. Все эксперты едины во мнении, что это количество является завышенным, если какая-то структура имеет доступ к современной технологии создания ядерных бомб. Что касается плутония, то хватило бы и четырёх килограмм. Это количество использовало в своих расчётах и министерство иностранных дел (Госдепартамент) США, когда сообщило на саммите по ядерной безопасности в Вашингтоне в апреле 2010 года о том, что США и Россия дополнили новым протоколом соглашение 2000 года об утилизации по 34 тонны оружейного плутония с каждой стороны. В пресс-релизе от 13 апреля 2010 года говорится, что 68 тонн плутония являются эквивалентом 17 тысяч боеголовок. (ср.: <http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2010/04/140097.htm>)

Есть страны, в которых создавалось атомное оружие на основе и урана, и плутония – США, СССР, Великобритания, Франция, Китай и Пакистан. Израиль, Индия и, возможно, КНДР создали свои первые атомные бомбы на базе плутония. Единственная страна, успешно использовавшая исключительно уран для создания атомного оружия – ЮАР. В стремлении пойти по этому пути постоянно обвиняют Иран.

Плутоний является побочным продуктом, который образуется при облучении урана в различных типах реакторов. В зависимости от типа реактора и времени облучения топлива можно получать разное количество оружейного плутония (содержащего более 95 процентов изотопов плутония-239 и плутония-241) и/или реакторного плутония (содержащего „всего“ 67 процентов этих изотопов). В принципе, оба вида плутония годятся для атомной бомбы, но реакторный плутоний „хуже“. Плутоний выделяют из облучённого реакторного топлива в химических регенерационных установках, затем его можно использовать в атомной бомбе. Высокообогащённый уран производится на обогатительных установках, использующих различные технологии. Самой распространённой из этих технологий в настоящее время является центрифужный метод обогащения.

Программы создания атомного оружия можно разделить на две категории. Во-первых, программы изначально военного характера. Такие программы были у США, Великобритании, Советского Союза и Китая. Во-вторых, существуют ядерные программы, начинавшиеся как гражданские, а военный аспект либо скрыто присутствовал с самого начала, либо появился позднее. На ранней стадии гражданских атомных программ сложно судить о том, служат ли они военным или исключительно гражданским целям. К странам, чьи военные атомные программы начинались в виде гражданских, относятся Франция, Индия, Израиль, КНДР и ЮАР.

Страны определяют свои технологические потребности в зависимости от того, каким путём они пытаются прийти к обладанию атомным оружием. Стране, планирующей создание бомб с использованием обогащенного урана, потребуется обогатительная установка, а вот регенерационная установка для выделения плутония – необязательно. Вероятно, из поля зрения выпадут те типы реакторов, которые особенно хорошо подходят для производства плутония, например, реакторы на тяжёлой воде. Те же страны, которые делают ставку на плутониевую бомбу, будут стремиться обладать именно такими реакторами и возможностями по регенерации, а не по обогащению урана, потому что в некоторых типах реакторов плутоний можно получать

и из природного урана. Поэтому страны, старающиеся обзавестись ядерным оружием, двигаясь по одному из двух путей, могут ограничиться разомкнутым топливным циклом, в то время как страны, стремящиеся задействовать обе опции, предпочитают замкнутый топливный цикл. В прошлом многие страны старались использовать оба пути или хотя бы имели в виду такую перспективу.

Вскоре после того, как США приняли программу гражданского сотрудничества в сфере атомной энергии „Атом для мира“, появились опасения, что атомные технологии могут получить чрезмерное распространение и дать слишком большому числу стран возможность обладания атомной бомбой. В 1963 году американское министерство обороны под руководством Роберта Макнамары прогнозировало, что в течении десяти лет атомное оружие получат одиннадцать новых стран, а многие другие – ненамного позднее. Когда во второй половине 60-х годов велись переговоры по договору о нераспространении, целью было воспрепятствовать появлению в мире 20-ти или 30-ти ядерных держав. Этот аргумент до сих пор используется для обоснования необходимости данного договора.

Перед лицом множества национальных атомных программ с гражданскими, но потенциально и военными целями договор о нераспространении ядерного оружия (в комбинации с проверками МАГАТЭ, контролем над экспортом в рамках “Nuclear Suppliers Group”³¹ и комиссией Цангера³², дипломатическим давлением и гарантиями безопасности) оказался на удивление эффективным. Кроме тех стран, которые на момент вступления в силу договора о нераспространении уже сделали выбор в пользу обладания атомным оружием – Израиля и Индии, до сегодняшнего дня лишь немногим странам удалось довести дело до создания атомной бомбы – как уже упоминалось, это ЮАР³³, Пакистан и, возможно, КНДР.

Усилия, предпринимавшиеся на национальном и международном уровне для того, чтобы не допустить появления у новых стран³⁴ ядерных вооружений, ясно показывают, что это дело непростое. Конечно, риск распространения удалось снизить, но его не удалось полностью ликвидировать. Раскрытие секретной иракской атомной программы и события в КНДР свидетельствуют о том, что режим контроля в бу-

31. Группа государств-поставщиков ядерных материалов и технологий, в настоящее время 45 стран.

32. Комиссия Цангера, работающая для МАГАТЭ в Вене, с 1974 года составляет списки расщепляющихся и других ядерных материалов, для экспорта которых требуются специальные меры.

33. ЮАР затем отказалась от ядерного оружия.

34. Информация о национальных ядерных программах: <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/index.html>; http://nti.org/e_research/profiles/index.html

дущем необходимо ужесточить, если мы хотим, чтобы режим нераспространения выполнял свои функции по предотвращению ядерного распространения. Прежний опыт работы с успешно проконтролируемыми военными ядерными программами показывает:

во-первых: главный риск распространения связан сегодня с технологиями обогащения урана, регенерации и выделения плутония, с производством плутония и с реакторами, работающими на высокообогащённом уране.

во-вторых: гражданские атомные программы многократно играли роль прикрытия или основы для военных программ. Они затрудняют оценку действительных намерений той или иной страны.

в-третьих: проверки соблюдения правил экспорта, введённые в 60-е и 70-е годы и мало развивавшиеся в 90-е, сегодня не являются достаточными для того, чтобы воспрепятствовать какой-либо стране перейти от гражданской атомной программы к военной.

в-четвёртых: все страны, работающие с атомной энергией, постепенно приобретают квалифицированный персонал и технологические возможности, позволяющие во всё большей степени опираться на собственные силы, а не на поддержку извне. Этому процессу способствует и технический прогресс, поскольку всё большее число стран может изготавливать оборудование такого качества, на которое раньше были способны только промышленно развитые страны.

в-пятых: концепция борьбы с распространением военных ядерных технологий при одновременной поддержке гражданского использования атомной энергии находится в глубоком кризисе.

4. Угрозы, связанные с негосударственными структурами

Ещё в конце 60-х годов считалось, что негосударственные структуры могут представлять угрозу в области распространения и общей безопасности. Специалисты знали, что простую атомную бомбу можно создать на базе общедоступной информации³⁵. В 1975 году в докладе ЦРУ говорилось: „Главная проблема политических усилий, направленных на борьбу с распространением – возможность того, что атомное оружие попадёт в руки террористов. Это самый возмутительный аспект увеличения многообразия атомных деятелей. Ядерные взрывчатые вещества стали доступны для развиваю-

35. University of California, Lawrence Radiation Laboratory: Summary Report of the Nth Country Experiment, UCLR 50249, Livermore, CA, March 1967 (первоначальная классификация: SECRET, partially released under FOIA, 4.1.1995).

щихся стран, а значит рано или поздно они станут достигаемы для террористических группировок. [...] Ядерные террористы по определению работают вне государственных каналов, поэтому они избегают международного политического контроля. Например, инспекции МАГАТЭ никак не защитят в том случае, если террористы похитят материалы из реакторов³⁶.

С распадом Советского Союза эта обеспокоенность стала звучать всё чаще. Учитывая гигантскую атомную инфраструктуру СССР, многие опасались массового распространения. Авторитарный режим в СССР держал ядерные материалы, технологии и специалистов под строжайшим контролем (закрытые города, суровые ограничения в передвижении и постоянное наблюдение со стороны армии и КГБ), и было маловероятно, что все эти меры сохранятся после распада СССР – т.е. что новые государства смогут поддерживать строгость мер на прежнем уровне. Поэтому после 1991 года значительно больше внимания стало уделяться опасности того, что ядерные материалы, технологии и даже боеголовки могут попасть в руки террористов или организованной преступности³⁷.

4.1 Ядерное оружие в руках террористов

Чисто теоретически террористы могут заполучить ядерное оружие. Им пришлось бы это оружие сконструировать самостоятельно, купить, украсть либо получить в подарок. Если бы они собрались самостоятельно создать бомбу, то им нужно было бы купить или украсть необходимые для этого материалы³⁸. Если бы они собрались самостоятельно изготовить эти материалы, то они столкнулись бы с теми же трудностями, что и государства, стремящиеся стать атомными державами. Поскольку негосударственные структуры не являются государствами с собственной территорией, им понадобилось бы какое-то государство, которое бы приютило их и всю необходимую инфраструктуру – либо добровольно, либо из-за неспособности контролировать свою территорию. На этом пути к ядерному оружию есть много труднопреодолимых препятствий. Даже если террористической группе удаст-

36. Central Intelligence Agency: Managing Nuclear Proliferation: The Politics of Limited Choice. Research Study. Langley VA, 1975 (первоначальная классификация: SECRET/NOFORN, partially declassified 21.08.2001), стр. 29.

37. Cp. Siegfried Fischer, Otfried Nassauer (изд.): Die Satansfaust, Berlin 1993, стр. 315. Graham T. Allison и др.: Avoiding Nuclear Anarchy, Containing the Threat of Loose Russian Nuclear Weapons and Fissile Material, Cambridge/London 1996. Jessica Stern: The Ultimate Terrorists, Cambridge/London 1999.

38. Поэтому считается, что реакторы, работающие на высокообогащённом уране, и их хранилища необлучённого высокообогащённого урана представляют серьёзную угрозу безопасности.

ся украсть или купить необходимый расщепляющийся материал, ей понадобятся проект бомбы, функционирующие детонаторы и другие компоненты, которые получить довольно сложно. Маловероятно, что террористы за короткий срок решат такое множество проблем. Поэтому вариант создания бомбы из собственных материалов не годится для террористических группировок. Гораздо больший успех террористам сулит сотрудничество с каким-либо государством (или его секретными службами), которое уже располагает ядерными вооружениями или пригодными для его создания материалами. Доступ к ядерным знаниям и сотрудничество с квалифицированными специалистами также облегчили бы задачу террористов. Но если вдруг найдётся атомная держава, готовая столь тесно сотрудничать с террористической организацией, то встаёт вопрос: почему же тогда это государство сразу не передаст террористам готовое оружие?³⁹

Террористы, обладающие настоящим ядерным оружием, представляли бы собой огромную опасность. В настоящее время эксперты почти единодушно считают, что вероятность того, что террористы имеют или могут получить функционирующее ядерное оружие, относительно мала.

4.2 Грязные бомбы в руках террористов

Более вероятен сценарий, при котором террористы или организованные преступные группировки смогут создать и применить грязную бомбу. Грязная бомба содержит радиоактивные материалы, распространяемые с помощью взрыва традиционных взрывчатых веществ. При этом не происходит неконтролируемой цепной реакции. Можно представить себе обычную бомбу (какие используются террористами для подрыва автомобилей), в которую добавлено несколько десятков или сотен граммов радиоактивного вещества. В результате взрыва были бы не только убитые и раненые, но и облучённые вблизи взрыва; но главным эффектом грязной бомбы был бы психологический⁴⁰. Модель взрыва грязной бомбы с двумя тоннами взрывчатки в центре Вашингтона показала, что тяжело и, вероятно, на длительное время пострадала бы территория целого

39. С учётом современного уровня ядерной юриспруденции вероятность того, что удастся доказать, что какое-то государство предоставляет террористам ядерные материалы и технологии для создания атомного оружия, намного меньше, чем вероятность доказательства того, что какое-то государство передаёт террористам само ядерное оружие. Ядерная юриспруденция позволяет определить установку, на которой был произведён или переработан тот или иной ядерный материал.

40. Взрыв грязной бомбы в строго охраняемом экономическом и политическом центре породил бы сомнения в способности правительства справиться с одной из важнейших задач: обеспечением безопасности граждан. Такое событие создало бы атмосферу неуверенности (независимо от объёма реального ущерба), потому что радиоактивное излучение незаметно для органов чувств, но может быть очень опасно.

квартала. Другие имитации взрывов показывали загрязнение нескольких кварталов или целого городского района.

Главным препятствием в создании такого оружия служат трудности обращения с радиоактивными материалами. Поскольку эффект от такого оружия (кроме самого взрыва) зависит, в основном, от радиоактивности и токсичности применяемых материалов, эти материалы представляют опасность и для тех, кто создаёт бомбу, как-либо работает с ней и применяет её. Эта опасность для самих террористов растёт пропорционально радиоактивной и/или токсичной действенности их бомбы. Вероятно, это одна из причин, почему до сих пор такие грязные бомбы не применялись.

Маловероятно, что террористы стали бы использовать для создания такой бомбы радиоактивные материалы, полученные из какого-либо компонента гражданского ядерного топливного цикла. Получить их, как правило, нелегко: обращение с ними тоже затруднено и в большинстве случаев опасно. Есть другие материалы – более доступные и пригодные для создания грязной бомбы не менее, а то и более, чем низкообогащённый и высокообогащённый уран или даже реакторный плутоний. Такие радиоактивные материалы, как цезий-137, кобальт-60, стронций-90, криптон-85 или америций-241 легче раздобыть, потому что они широко используются в гражданской сфере, например, в больницах, в промышленности, в детекторах дыма.

4.3 Ядерная контрабанда

После распада СССР было зафиксировано множество случаев пропажи и обнаружения ядерных материалов и их контрабанды. Обычные преступники, члены организованных группировок, террористы, а также секретные службы и полицейские ведомства проявляли большой интерес к этой теме – так же, как и СМИ. В результате стало сложно различать настоящие попытки нелегальной торговли и обманные завлекающие предложения, ложные сообщения о контрабанде атомных материалов. Анализ сообщений в СМИ не позволяет делать выводы о значении ядерной контрабанды в плане возможного распространения. Более достоверным источником является база данных о нелегальной атомной торговле, созданная МАГАТЭ в 1995 году. Организация официально зафиксировала более 650 случаев за период с 1993 по 2004 год. Свыше 60 процентов относятся к нерасщепляющимся радиоактивным материалам, таким как цезий-137, стронций-90, кобальт-60 и америций-241. Большая часть этих материалов вызывает беспокойство в связи с их возможным приме-

нением в терактах или преступных действиях, ведь они могут использоваться в аппаратах, распространяющих радиоактивность, или в грязных бомбах. Примерно 30 процентов всех случаев относятся к таким материалам, как природный уран, обеднённый уран, торий и низкообогащённый уран.

Однако в 18 случаях речь шла о ядерных материалах, пригодных для создания ядерного оружия. С точки зрения распространения это самые важные случаи. Семь случаев относились к плутонию, из них шесть – в количестве менее десяти граммов. Седьмой случай, в котором фигурировали 363,4 грамма плутония, произошёл в августе 1994 года в мюнхенском аэропорту. В эту историю были вовлечены и российские официальные лица, и немецкая спецслужба BND⁴¹. Одиннадцать случаев относились к обогащённому урану в количествах от менее одного грамма до 2,5 килограммов.

В большинстве случаев речь шла, судя по всему, о пробных поставках, за которыми должны были последовать крупные сделки⁴². К концу 2008 года число зафиксированных случаев нелегального владения, утрат, краж и других криминальных происшествий с ядерными материалами выросло до 1562. В 15 случаях дело касалось плутония или высокообогащённого урана. В большинстве случаев речь шла о малых количествах, но в некоторых – о килограммах. Детали МАГАТЭ не сообщает, но констатирует, что в большинстве из зафиксированных случаев покупателей обнаружить не удалось. Следует учитывать также возможность того, что случаи удачной ядерной контрабанды и нелегальных сделок не были выявлены.

41. После того, как журнал „Шпигель“ сделал случай в августе 1994 года главной темой номера (ср.: <http://www.spiegel.de/spiegel/print/index-1994-34.html>), в апреле 1995 года журнал сообщил об участии в этом спецслужб под заголовком „Паника – made in Pullach“. Ср.: <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-9181696.html>. Бундестаг создал комиссию для расследования этого инцидента. Ср.: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/13/013/1301323.asc>

42. По ссылке http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/RadSources/Fact_Figures.html МАГАТЭ ранее предоставляло подробный обзор всех подобных случаев до 2004 года; теперь этого больше нет. Большое количество аналогичных данных сейчас можно найти в источнике: http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/RadSources/PDF/fact_figures2005.pdf. Из этих источников нами были взяты данные по 2004 году. Более актуальная, хоть и разрозненная информация по 2009 году представлена в: <http://www-ns.iaea.org/downloads/security/itdb-fact-sheet-2009.pdf> Эти данные сложно напрямую сравнивать, потому что, во-первых, с 2006 года изменился порядок передачи информации в базу данных; во-вторых, число подотчётных государств за прошедшие годы выросло до 192. Из вышеуказанного источника взяты самые свежие цифры данного фрагмента статьи.

4.4 Негосударственные структуры и безопасность топливного цикла

Террористы могут представлять серьёзную опасность для гражданских атомных установок. Но пока нет общедоступных систематических исследований на эту тему. Некоторые аспекты, впрочем, освещались достаточно подробно. В 90-е годы США смоделировали 75 атак на некоторые из своих реакторов. При этом были выявлены огромные проблемы с безопасностью. В 27 случаях эти атаки привели бы к повреждению активной зоны реактора или к выбросам радиации⁴³. „Гринпису“ в 2003 году удалось беспрепятственно проникнуть на британскую АЭС Сайзуэл⁴⁴. Исследовательские реакторы в университетах, работающие на высокообогащённом уране, являются особенно большой проблемой, потому что к ним зачастую имеет доступ много людей, а требования по безопасности там относительно скромны.

Если серьёзные проблемы с безопасностью наблюдаются даже в промышленно развитых странах, которые располагают всеми возможностями для инвестиций в безопасность своей сложной инфраструктуры, то в странах с меньшими финансовыми возможностями риск пропажи ядерных материалов из реакторов, лабораторий и других мест должен быть намного выше.

Не следует забывать и о таком факторе риска, как террористические атаки на атомные установки. Они могут привести к выбросу огромного количества радиоактивных материалов, но не к ядерному взрыву. Вероятность террористической атаки на гражданские атомные установки гораздо выше, чем вероятность попадания ядерного оружия в руки террористов, вероятно, она выше и риска применения грязной бомбы. О серьёзном отношении к этой проблеме свидетельствуют дискуссии о защите реакторов от нападений с использованием самолётов, ведущиеся в последние годы.

4.5 Другие угрозы нераспространению

В 1977 году стало известно, что министерство энергетики США ещё в 1962 году успешно провело подземные испытания атомной бомбы, изготовленной с применением реакторного плутония. В результате стало ясно, что принципиально возможно изготавливать атомное оружие из „гражданского“, т.е. реакторного плутония. Ис-

43. Union of Concerned Scientists: Backgrounder on Nuclear Reactor Security, Cambridge (MA) 2002.

44. Greenpeace UK: Greenpeace Volunteers Get into Top Security Nuclear Control Centre, пресс-релиз, Лондон 13 января 2003 года. Также в: Daily Mirror, 14 января 2003 года.

следование, проведённое в 1990 году в национальной лаборатории в Лос-Аламосе, пришло к выводу, что государства или группы террористов, которые попытаются создать атомное оружие из реакторного плутония, столкнутся в принципе с теми же трудностями, что и структуры, имеющие доступ к оружейному плутонию⁴⁵.

Война с Ираком в 2003 году показала наличие ещё одного фактора риска распространения: когда войска США оккупировали Ирак, им не удалось должным образом защитить главный центр ядерных исследований от грабителей. Печати МАГАТЭ были сорваны, ядерные материалы пропали, документы похищены. С тех пор МАГАТЭ обеспечивала безопасность лишь тех материалов, которые удалось вернуть.

Распад СССР показал, что „неудавшиеся государства“ („failing states“) также могут стать источником угрозы распространения. Не существует гарантий того, что все страны, имеющие исследовательские реакторы или гражданские атомные программы, будут вечно стабильными и не распадутся, временно или навсегда потеряв контроль над своими атомными установками и ядерными материалами. Общеизвестно, что „неудавшиеся государства“ являются угрозой для общей безопасности, но гораздо меньше известно то, что они могут стать источником ядерного распространения. Например, распад такой ядерной державы, как Пакистан привёл бы к огромным проблемам. Случай Пакистана и „атомного супермаркета“ Хана, куда входила и Малайзия, ясно показывают, что развивающиеся страны всё чаще могут выступать в роли поставщиков технологий, необходимых для ядерных программ.

5. Инструменты контроля и ограничения распространения

5.1 Важнейшие договоры

Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), по сути представляющий собой договор о запрете ядерного оружия, вступивший в действие в марте 1970 года, является основой международной системы нераспространения. Этот договор подписали почти все страны мира. Только Израиль, Индия и Пакистан никогда не участвовали в

45. U.S. Department of Energy: Nonproliferation and Arms Control Assessment of Weapons-Usable Fissile Material Storage and Excess Plutonium Disposition Alternatives, Washington 1997, стр. 37-39. National Academy of Sciences: Management and Disposition of Excess Weapons Plutonium, Washington 1994, стр. 32-33.

этом процессе. Северная Корея вышла из договора в 2003 году⁴⁶.

Вторая статья ДНЯО налагает на неядерные страны⁴⁷ обязательство „не получать ни от кого ни прямо, ни косвенно ядерное оружие и другие ядерные взрывчатые вещества или доступ к ним; не изготавливать и не приобретать ядерное оружие и другие ядерные взрывчатые вещества, не искать и не принимать помощь в изготовлении ядерного оружия и других ядерных взрывчатых веществ“.

Ядерные страны со своей стороны обязуются в первой статье никогда не помогать неядерным государствам обойти взятые на себя обязательства. Статья 4 гарантирует неядерным странам право на мирное использование атомной энергии и получение соответствующих технологий: „Данный договор нельзя толковать таким образом, будто он ограничивает суверенное право всех договаривающихся сторон [...] на исследования, производство и использование атомной энергии в мирных целях. [...] Все договаривающиеся стороны обязуются облегчать обмен оборудованием, материалами, научной и технологической информацией для мирного использования атомной энергии и все имеют право участвовать в этом процессе“.

С одной стороны, в договоре разделяются страны, имеющие право и в дальнейшем обладать атомным оружием, и страны, не имеющими такого права. С другой стороны, договор вводит два положения, свидетельствующих о том, что это разделение не обязательно должно быть вечным. Первое положение содержится в статье 6 и налагает на атомные страны обязательство „вести переговоры об эффективных мерах для скорейшего завершения ядерной гонки вооружений и для ядерного разоружения, а также о новом договоре о полном и всеобщем разоружении под строгим и эффективным международным контролем“.

Второе положение находится в статье 10 и звучит так: „Спустя 25 лет после вступления в силу этого договора должна быть созвана конференция, которой предстоит решить, сохранит ли договор своё действие на неопределённый срок [...]“.

В 1995 году состоялась эта конференция. Она определила, что договор должен продолжать действовать безусловно и бессрочно. Это решение стало возможно благодаря тому, что параллельно был одобрен документ о „принципах и целях“, дополненный в 2000 году на следующей конференции документом о тринадцати практических шагах. В этом

46. Поскольку КНДР вышла из ДНЯО и тем самым нарушила правила, она по-прежнему считается неядерным участником режима нераспространения.

47. Текст договора и многие документы о международных усилиях по нераспространению можно найти в: Federal Foreign Office: Preventing the Proliferation of Weapons of Mass Destruction, Key Documents, 2nd Edition, Berlin 2006.

документе впервые были названы конкретные цели и представлен рабочий план действий по нераспространению и ядерному разоружению.

В этих решениях проявился тот же „обмен“, который был замечен и в ходе переговоров по ДНЯО: строгие правила по нераспространению приемлемы для многих неядерных стран только при условии прогресса в деле окончательной ликвидации ядерного оружия. Прогресс в реализации обязательств по договорам 1995 и 2000 года был существенно медленнее, чем это ожидалось в большинстве стран. Во время следующей конференции в мае 2005 года ситуация ещё больше обострилась: США в лице президента Джорджа У. Буша дали понять, что не считают себя связанными „принципами и целями“ и согласованной процедурой из тринадцати шагов, в разработке которых участвовало предыдущее правительство США времен Билла Клинтона. Правительство США сосредоточилось в большей степени на односторонних инициативах, направленных на нераспространение, и не собирается брать на себя обязательств по крупномасштабному сокращению ядерных вооружений. Это поставило под вопрос принцип „обмена“, положенный в основу ДНЯО и его дополнений. Конференция не приняла никаких решений и оставила эту серьёзную проблему на будущее. Удастся ли в будущем укрепить многосторонний режим нераспространения и если да, то как?

В договоре и так имеются недочёты, которые облегчают распространение:

Разделение стран, обладающих ядерным оружием и не обладающих им является уникальным явлением в международном праве, в котором все суверенные государства равны. Неограниченное по времени продление действия ДНЯО „увековечивает“ это неравенство, если не принимать во внимание ядерное разоружение, целью которого является „ноль“. По этой причине многие неядерные страны критически отреагировали на то, что правительство США отказалось от поддержки „принципов и целей 13 шагов“, увидев в таком решении недостаточную готовность к разоружению. Этот конфликт может стать бомбой замедленного действия для договора о нераспространении.

Договор признаёт за всеми сторонами право использования ядерных технологий в мирных целях. Он обязывает страны, имеющие такие технологии, обеспечить доступ к ним странам, не располагающим такими технологиями, если эти страны собираются использовать их в мирных целях, например, для выработки электроэнергии. Согласно ДНЯО каждое неядерное государство вправе создавать

замкнутый топливный цикл⁴⁸. А в такой цикл входят и установки, являющиеся источником угрозы распространения. Идеи дополнительных проверок и экспортных ограничений на компоненты топливного цикла, исходящая от ядерных стран, только усиливает вышеупомянутый раскол. Неядерные страны Юга опасаются „ядерного апартеида“ в сфере гражданского использования атомной энергии и доступа к высоким технологиям.

Израиль, Индия и Пакистан не подписывали договор, но обзавелись ядерным оружием. Поскольку договор не предусматривает вступление в него новых ядерных государств, этим государствам пришлось бы отказаться от ядерного оружия, чтобы подписать договор. Это вряд ли произойдёт. Многие неядерные страны всё более критично относятся к тому, что эти атомные государства *de facto* признаются в качестве таковых вне договора, т.е. неофициально. Важными свидетельствами такой тенденции служат двусторонние договоры между США и Индией, заключённые при президенте Джордже Буше и способствующие сотрудничеству двух государств в мирных атомных проектах⁴⁹, а также политика Вашингтона в отношении Израиля.

„Договор о полном запрете ядерных испытаний“ (Comprehensive Test Ban Treaty, CTBT) – ещё один многосторонний договор, связанный с темой нераспространения. В феврале 1963 года Роберт Макнамара написал в меморандуме для президента Джона Кеннеди: „Полный запрет на испытания ядерного оружия, с которым согласятся США, СССР и Великобритания, замедлил бы распространение ядерного оружия. Не будет преувеличением сказать, что это необходимое, хоть и непростое условие для того, чтобы ограничить число ядерных стран“⁵⁰.

Такой договор был заключён только после окончания конфликта между Востоком и Западом. После 1996 года под ним подписались 182 страны, из них 151 страна ратифицировала договор, в том числе Россия⁵¹. Тем не менее, пока неясно, вступит ли этот договор когда-нибудь в силу. Для этого его должны ратифицировать все 44 страны, имеющие гражданские или военные атомные программы. Некоторые из этих стран его пока не ратифицировали – Китай, Индия, Пакистан,

48. Все ядерные установки, которыми обладает или планирует обладать, например, Иран, по ДНЯО могут использоваться в гражданских целях только при условии проведения инспекций МАГАТЭ.

49. Китай и Пакистан подписали аналогичный договор.

50. Secretary of Defense: Memorandum for the President, Subject: The Diffusion of Nuclear Weapons with and without a Test Ban Agreement, Washington DC, 12.2.1963, стр. 3 (первоначальная классификация: SECRET).

51. Cp.: <http://www.ctbto.org/> zum Allgemeinen und <http://www.ctbto.org/the-treaty/status-of-signature-and-ratification/> в момент подписания/ратификации.

Северная Корея, Индонезия, Израиль, Иран и США; три страны его даже не подписали⁵².

Если этот договор вступит в силу, то он внесёт значительный вклад в политику нераспространения. Страны, начинающие создание атомного оружия, не смогут быть уверены в том, что их оружие сконструировано правильно. Это касается в первую очередь применения реакторного плутония.

Целью предлагаемого „Договора о сокращении расщепляющихся материалов“ (Fissile Material Cut-Off Treaty, FMCT) является замораживание количества оружейного материала в мире, запрет на производство новых расщепляющихся оружейных материалов и в конечном счёте сокращение количества таких материалов. Хотя сама идея существует уже много десятилетий, а резолюция Генеральной Ассамблеи ООН № 1148 ещё в 1957 году требовала прекращения производства военных ядерных материалов, серьёзные переговоры на конференции ООН по разоружению, на которой и должен обсуждаться такой договор, так и не начались. Неформальные переговоры о возможных элементах договора всё-таки ведутся. В прошлом году в план работы конференции по разоружению было включено создание рабочей группы для разработки такого договора. И всё-таки серьёзного прогресса пока нет. В конференции ООН по разоружению принимают участие 65 государств, которые должны прийти к консенсусу. Получается, что поддержка малых стран, только создающих свою атомную промышленность и не подписывавших ДНЯО, является условием для реального продвижения вперёд.

Такое соглашение ограничило бы количество имеющихся военных расщепляющихся материалов в ядерных странах на существующем уровне. Для неядерных стран оно послужило бы дополнительным инструментом в обеспечении безопасности и нераспространения, потому что создание запасов таких материалов находилось бы под международным запретом. В сочетании с имеющимися договорённостями, такими, как соглашение между Россией и США о переработке 500 тонн российского оружейного урана в низкообогащённый уран и выведении из военной сферы

52. Государства, помеченные знаком *, не подписывали договор и не ратифицировали его. Ср.: http://www.ctbto.org/the-treaty/status-of-signature-and-ratification/?states=4®ion=63&submit.x=17&submit.y=4&submit=submit&no_cache=1 (состояние: декабрь 2009 г.). В период правления Джорджа Буша администрация США заявляла о возможном отказе от уже подписанного договора СТБТ. Президент Обама объявил о стремлении к ратификации договора, но пока не получил большинства в сенате США.

34 тонн плутония, этот договор способствовал бы долгосрочному уменьшению запасов военных расщепляющихся материалов⁵³.

Более радикальной мерой является проект договора, который относился бы также к имеющимся потенциалам военных ядерных материалов и обязал бы все ядерные державы сокращать свои запасы (Fissile Material Treaty, FMT).

Кроме того, во многих регионах мира заключены договоры о безъядерных зонах (Nuclear Weapons Free Zone Treaties, NWFZ) в соответствии со статьёй 7 ДНЯО. Они представляют из себя региональные меры по укреплению доверия, направленные против возможного распространения ядерного оружия и технологий, и поддерживаются ядерными державами с помощью политически обязательных так называемых „негативных гарантий безопасности“. Эти политические (но не юридические) гарантии обещают странам-членам безъядерных зон, что ядерные страны не будут угрожать им своим ядерным оружием⁵⁴.

Следующий тип многосторонних соглашений связан с безопасностью военных ядерных материалов и со специфическими вопросами. К ним относятся, например:

Международная конвенция о физической защите ядерных материалов (Convention on the Physical Protection of Nuclear Materials) 1980-го года, вступившая в силу в 1987 году⁵⁵ и касавшаяся изначально только международных перевозок ядерных материалов; её подписали 142 страны; в 2005 году она получила дополнение, содержащее обязательства по безопасности гражданских атомных установок, ядерных материалов, хранения и транспортировки⁵⁶;

принятая в 2005 году Международная конвенция по подавлению актов ядерного терроризма⁵⁷;

технические соглашения по защите ядерных материалов и предприятий со стороны МАГАТЭ, находящиеся сейчас на финальной стадии доработки (INFCIRC 255/Rev. 4 (1999) и Rev. 5 (2010))⁵⁸.

53. www.bellona.no/en/international/russia/nuke_industry/co-operation/8364.html; http://www.nti.org/c_press/analysis_Holgate_INMM%20Paper_061005.pdf

54. В связи с формой (политические, но не юридические обязательства) и содержанием этих гарантий атомные государства сохраняют возможность при необходимости отказаться от гарантий.

55. Cp.: <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/inf274r1.shtml>

56. Cp.: <http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC49/Documents/gc49inf-6.pdf>

57. Cp.: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/Res/59/290

58. Cp.: Все информационные циркуляры (INFCIRC) МАГАТЭ можно найти по адресу: <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/index.html>

5.2 Нераспространение с помощью инспекций

Международные инспекции (safeguards), призванные предотвратить распространение, базируются на статье 3, часть 1 договора о нераспространении. Её основная мысль заключается в том, что неядерные страны могут получать ядерные материалы и соответствующие технологии только тогда, когда они убедят МАГАТЭ, что их ядерные программы служат исключительно мирным целям. Поэтому инспекции ориентированы на то, чтобы воспрепятствовать попаданию ядерных материалов из гражданского топливного цикла в военный.

Существующая сегодня система наблюдения создавалась в два этапа. На первом появилась база для проведения инспекций, затем на втором были определены подробные инструкции для инспекторов МАГАТЭ. Документ на эту тему, циркуляр № 153 (INFCIRC 153), был согласован в 1972 году. На его основе заключались и публиковались договоры о проведении инспекций между МАГАТЭ и отдельными государствами. Эти соглашения определяют, когда и в каком объёме неядерные страны обязаны предоставлять в МАГАТЭ определённую информацию о своих атомных установках, материалах и программах. Они позволяют МАГАТЭ проверять достоверность этих сведений посредством проведения инспекций в стране. Если МАГАТЭ приходит к выводу, что страна честно сотрудничает с МАГАТЭ и работает только над гражданскими проектами, то такая страна может и в дальнейшем получать ядерные материалы и технологии. Если же МАГАТЭ решит, что в отношении атомной программы страны существуют сомнения и остаются вопросы, то организация может провести дополнительные проверки, чтобы либо избавить страну от подозрений или, при выявлении нарушенных обязательств, сообщить об этом в Совет Безопасности ООН и Генеральной Ассамблее ООН, которые, в свою очередь, будут принимать решение о дальнейших действиях. На начало 2008 года действовало 163 соглашения между МАГАТЭ и отдельными государствами⁵⁹.

После иракской войны в 1991 году инспекторы МАГАТЭ обнаружили, что неядерное государство Ирак в течение многих лет реализовывало атомную программу. Совет Безопасности ООН поручил МАГАТЭ проводить инспекции и после окончания войны. Обнаружение иракской программы привело к выводу, что существующих соглашений об инспекциях недостаточно, чтобы удержать страну от реализации тайной атомной программы; поэтому необходимы дополнительные, более мас-

59. Cp.: <http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2008/safeguards.pdf>

штабные инспекции для таких сложных случаев. К 1997 году страны-члены МАГАТЭ согласовали добровольный протокол (Model Additional Protocol (INFCIRC 540) о расширенных мерах по безопасности. Страны, поддержавшие этот протокол, позволяют МАГАТЭ, среди прочего, производить дополнительные краткосрочные инспекции, а также брать пробы окружающей среды. Кроме того, протокол обязывает страны-члены заранее и подробнее информировать МАГАТЭ о планируемых атомных установках и предоставлять дополнительную информацию, например, отчёты об экспорте и импорте товаров, перечисленных в специальном списке стран ядерных поставщиков (*Nuclear Suppliers Group Trigger List*). По состоянию на конец 2008 года дополнительный протокол действовал в отношении 88 стран⁶⁰. Ещё несколько стран подписали, но не ратифицировали протокол⁶¹.

Дополнительный протокол особенно важен в случае, когда какое-либо государство попадает под подозрение в нарушении своих обязательств по ДНЯО или перед инспекторами МАГАТЭ. Когда Исламская Республика Иран в 2003 году попала под такое подозрение, МАГАТЭ и многие страны вынудили Иран подписать этот дополнительный протокол для того, чтобы Иран предоставил МАГАТЭ дополнительные права, предусмотренные этим протоколом. Иран подписал протокол в ноябре 2003 года. Хотя иранское правительство сначала вело себя таким образом, будто протокол уже вступил в силу, парламент Ирана отказался от ратификации. В феврале 2006 года иранское правительство сообщило МАГАТЭ решение парламента о том, что из-за эскалации конфликта вокруг ядерной программы Иран отказывается от выполнения протокола, но в действительности продолжало выполнять некоторые обязательства, вытекающие из протокола.

Целью инспекций является недопущение использования неядерными странами своих гражданских ядерных мощностей в военных целях. Они не занимаются ни военными, ни гражданскими объектами в ядерных странах, кроме случаев, когда сами ядерные страны высказываются за то, чтобы поставить определённые объекты или материалы под контроль МАГАТЭ (INFCIRC 66)⁶². Соглашения о проведении инспекций могут также заключаться в отношении ядер-

60. Там же; актуальный обзор того, какой статус имели договоры об инспекциях МАГАТЭ с каждой конкретной страной в декабре 2009 года: http://www.iaea.org/OurWork/SV/Safeguards/sir_table.pdf

61. О ситуации в декабре 2009 года см.: http://www.iaea.org/OurWork/SV/Safeguards/sir_table.pdf

62. Ядерные страны по-разному пользуются этой возможностью. Например, президент США Барак Обама представил 6 мая 2009 года Конгрессу список на 267 страницах тех ядерных объектов, о которых Вашингтон отчитывается перед МАГАТЭ.

ных объектов стран, не подписавших ДНЯО. Например, Израиль, Индия и Пакистан в ограниченном объеме позволяют МАГАТЭ проводить инспекции на своей территории⁶³.

Хотя инспекции МАГАТЭ постоянно подвергались критике по причине их высокой стоимости и больших временных затрат, они намного эффективнее, чем утверждают критики. В Ираке инспекторы МАГАТЭ (а также Комиссии ООН по мониторингу, проверке и инспекции, UNMOVIC) раскрыли иракскую атомную программу. Во время диспута в 2003 году о новой войне против Ирака, когда США и Великобритания надеялись получить поддержку ООН, инспекторы пришли к правильному выводу, что эта программа не возобновлялась.

Последние предложения об усилении инспекций МАГАТЭ включают в себя и требование сделать дополнительный протокол более универсальным, обязательным для неядерных стран, желающих импортировать ядерную продукцию. Кроме того, обсуждается введение нового типа инспекций.

5.3 Нераспространение с помощью экспортного контроля

Многосторонние действия по экспортному контролю дополняют систему контроля МАГАТЭ с начала 70-х годов. Основанием для этого является статья 3, часть 2 ДНЯО, которая запрещает всем странам-участницам поставлять ядерные материалы и технологии в случае, когда в стране-получателе эти материалы и технологии не контролируются инспекторами МАГАТЭ.

Государства, способные осуществлять поставки ядерных технологий, с 1971 года начали проводить неформальные встречи. Затем эти переговоры были институционализированы в рамках комиссии Цангера. Участники этих встреч составили список экспортных ядерных товаров (“trigger list”), подлежащих контролю, и сформулировали три условия для стран, стремящихся получить эти товары: получатель должен заключить соглашение об инспекциях, использовать все импортируемые товары исключительно в мирных целях и применять эти же принципы в случае реэкспорта.

Страны, способные экспортировать ядерные материалы и технологии, в 1975 году образовали неформальную группу ядерных поставщиков “*Nuclear Suppliers Group*”. Эта группа также составила обширный список ядерных материалов, технологий и оборудования,

63. Cp.: http://www.iaea.org/OurWork/SV/Safeguards/sir_table.pdf

подлежащих национальному экспортному контролю, а также список важных технологий, которые могут использоваться и в военных, и в гражданских целях (“dual use”). Эти списки время от времени обновляются в связи с развитием технологий.

Оба списка являются составной частью директив группы ядерных поставщиков, которые являются обязательными с политической, но не правовой точки зрения. Они становятся юридически обязательными только в случае, когда страны-участницы берут на себя обязательства по включению этих товаров в свои национальные системы экспортного контроля.

В последние годы имели место новые инициативы, направленные на усиление контроля над поставками ядерных технологий. По предложению США на саммите большой восьмёрки в июне 2004 года было принято решение ввести на один год (с возможностью продления) мораторий на новые поставки технологий обогащения урана и регенерации в государства, пока не располагающие такими технологиями. Мораторий до сих пор соблюдается восемью странами⁶⁴, поскольку в группе ядерных поставщиков не удалось договориться об общей политике в этом направлении. В 2009 году совет управляющих МАГАТЭ 23-мя голосами против восьми одобрил предложение, в соответствии с которым Россия сделает запас в 120 тонн низкообогащённого урана в качестве резерва для государств, производящих энергию с помощью реакторов. Против этого предложения проголосовали, среди прочих, Египет, Аргентина, Бразилия, Малайзия и ЮАР. Это является выражением того скепсиса, с которым многие неядерные страны воспринимают инспекции, контроль экспорта и попытки поставить экспорт ядерных материалов в зависимость от выполнения принимающей страной дополнительных условий. Они опасаются, что такие правила будут применяться в дискриминационном ключе и ограничат, если не закроют легитимный доступ к современным ядерным технологиям, гарантированный в ДНЯО.

Для снятия этой проблемы пришлось бы пойти навстречу предложениям, по которым обогащение урана и регенерация должны производиться для „международного“ использования только на установках, находящихся под контролем МАГАТЭ. Это привело бы к снижению риска распространения.

64. Это происходит в скрытой форме посредством многократного подтверждения параграфа 8 коммюнике саммита стран „большой восьмёрки“ в Л’Акуйла.

5.4 Нераспространение с помощью сотрудничества.

После распада СССР беспокойство за его огромное ядерное наследство привело к множеству инициатив по нераспространению, направленных на сотрудничество с новыми государствами. Первыми начали действовать США, но теперь уже целый ряд стран участвуют в финансировании и организации подобных мероприятий⁶⁵. Многие из разработанных в этом контексте программ находят применение и в отношении третьих стран.

Некоторые проекты нацелены на централизованное и технически безопасное хранение ядерных материалов и вооружений в России и других странах, образовавшихся на месте СССР. Другие призваны обеспечить безопасность ядерного топлива с выведенных из эксплуатации атомных подводных лодок. Такие проекты, как „Международный научно-технический центр“ (International Science and Technology Center Program), „Инициатива ядерных городов“ (Nuclear Cities Initiative), „Российская конверсионная инициатива“ (Russian Transition Initiative) и „Инициатива по предотвращению распространения оружия массового уничтожения“ (Proliferation Prevention Initiative) пытаются найти новое применение специалистам в атомной области, чтобы не допустить „утечки мозгов“, то есть распространения, вызванного эмиграцией учёных за рубеж в поисках работы. Другие программы направлены на улучшение пограничного контроля и экспортного контроля в постсоветских странах. Есть и программы, создатели которых стремятся прекратить производство военных расщепляющихся материалов и сократить запасы таких материалов.

В рамках Трёхсторонней инициативы США, Россия и МАГАТЭ в 1996 году пришли к соглашению о том, чтобы поставить излишки оружейных материалов (плутоний, уран) под контроль МАГАТЭ. В 1993 году США приобрели у России 500 тонн высокообогащённого урана, который был „разбавлен“ (downblended) до более низкой степени обогащения и использован на американских АЭС в качестве топлива. По данным участников этого процесса, к концу 2009 года в рамках программы „Мегатонны в мегаватты“ 382 тонны высокообогащённого урана (эквивалент 15294 ядерных боеголовок) были превращены в низкообогащённый уран⁶⁶.

В 2000 году было заключено Соглашение об утилизации плутония (Plutonium Disposition Agreement), в котором США и Россия догово-

65. Информацию можно найти на следующих сайтах: <http://www.ransac.org/>; <http://www.bits.de/NRANEU/NonProliferation/index.htm>

66. <http://www.usec.com/megatonstomegawatts.htm>

рились о том, чтобы переработать по 34 тонны оружейного плутония в МОКС-топливо, либо с помощью иммобилизации (смешивание с радиоактивными отходами) сделать этот материал „не опасным“ и пригодным для хранения, однако оно оказалось не слишком успешным из-за того, что его реализация постоянно откладывалась⁶⁷. После принятия дополнительного протокола в апреле 2010 года Соглашение было изменено. Теперь Россия может весь свой плутоний переработать в МОКС-топливо и использовать это топливо в реакторах на быстрых нейтронах, которые находятся под контролем в области нераспространения⁶⁸.

С 2002 года существует „Глобальное партнёрство против распространения оружия и материалов массового уничтожения“ в рамках „большой восьмёрки“. Страны „большой восьмёрки“ обязались выделить на эту инициативу 20 миллиардов долларов на протяжении десяти лет.

В мае 2004 года Россия, США и МАГАТЭ выступили с Глобальной инициативой по снижению угрозы (Global Threat Reduction Initiative). Её целью является, среди прочего, обеспечить безопасность и в конечном счёте вернуть в Россию и США военные расщепляющиеся материалы, изготовленные в этих двух странах, а сейчас находящиеся в 40 странах мира. При этом речь идёт в основном о высокообогащённом уране, применяемом в исследовательских реакторах, поставщиками которого были в основном СССР или США. Предполагается прекратить использование высокообогащённого урана в качестве топлива для гражданских атомных программ. Исследовательские реакторы, работающие на высокообогащённом уране, предполагается закрыть или перевести на менее обогащённый уран. Эту инициативу к 2007 году поддержали более 90 государств. Ещё до появления такой инициативы Сербия, Болгария и Казахстан отправляли расщепляющиеся материалы в США и в Россию. Во время саммита в апреле 2010 года, посвящённого ядерной безопасности, целый ряд государств

67. Соглашению предшествовали односторонние заявления правительств Клинтона (1995) и Ельцина (1997) – объявить по 50 тонн оружейного плутония излишними для целей национальной безопасности. Двусторонняя комиссия разработала в 1996-97 гг. варианты утилизации излишков плутония, на базе которых в 1998 году было достигнуто рамочное соглашение, а в 2000 году – упомянутый договор между двумя странами, см.: <http://www.nti.org/db/nisprofs/russia/fissmat/plutdisp/puovervw.htm>. США собираются воспользоваться обоими вариантами, Россия же считает оружейный плутоний ценным материалом и собирается полностью переработать его в МОКС-топливо. На момент заключения договора ни Россия, ни США не располагали установками для изготовления МОКСа.

68. О содержании поправки: <http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2010/04/140097.htm>

выразили готовность отказаться от использования высокообогащённого урана в таких реакторах.

Некоторые инициативы, бывшие изначально двусторонними соглашениями США и России, превратились в многосторонние. К ним относится помощь странам в проведении эффективных, препятствующих распространению экспортных проверок, а также проекты, направленные на создание альтернативных рабочих мест для специалистов в области атомной энергии и обеспечение безопасности ядерных объектов и материалов. Дискуссии о проблемах с безопасностью в постсоветских странах также поспособствовали возникновению инициатив МАГАТЭ, направленных на усиление мер безопасности на гражданских ядерных объектах.

5.5 Принудительные меры и меры по предотвращению распространения

Во время нахождения в должности Джорджа Буша США делали ставку на односторонние принудительные меры, направленные на предотвращение распространения. Два примера: в мае 2003 года США выступили с инициативой по безопасности в борьбе с распространением оружия массового уничтожения (ИБОР-ОМУ) (Proliferation Security Initiative). Её цель – облегчить и легитимировать выявление морских и воздушных перевозок ядерного, биологического или химического оружия. Под прицел попали также ракетные системы и техника, производственные технологии и материалы для производства этого оружия. Многие страны поначалу отнеслись к этой инициативе очень скептически, потому что её реализация противоречила бы некоторым международным договорам, гарантирующим беспрепятственное движение самолётов и кораблей. Когда же администрация Буша изменила и ограничила свою инициативу во избежание юридических нестыковок, многие страны проявили к ней интерес. Сегодня в ней участвуют более 90 стран⁶⁹.

Другой формой действий являются операции контрраспространения (Counterproliferation Operations). Такие операции призваны прекратить или предотвратить распространение с помощью военной силы. В качестве возможных мер рассматриваются, например, диверсии спецподразделений, удары с воздуха и с моря, даже интервенции и ядерные удары. Такие операции вызывают огромное количество проблем, связанных с соблюдением международного права.

69. Cp.: <http://www.state.gov/t/isn/c10390.htm>

Если нужно помешать какому-то государству создавать атомное оружие, то подобная военная операция будет противоправной агрессией, пока на неё не будет выдан мандат ООН. Если же ведётся борьба с негосударственной структурой, стремящейся создать ядерные устройства, то правовых проблем становится ещё больше. Военная операция состоялась бы на территории государства, в котором находится эта негосударственная структура, независимо от того, поддерживает ли оно деятельность этой структуры или просто не может ей помешать. Подобные операции могут носить превентивный характер или являться актами возмездия. В большинстве случаев они являются грубым нарушением международного права и считаются актами агрессии.

Кроме того, такие акции по борьбе с распространением во многих случаях пришлось бы подготавливать в тайне, чтобы увеличить эффект неожиданности и шансы на успех. Поэтому было бы нецелесообразно заранее пытаться получить международное разрешение. По возможности такие операции осуществляются секретно, и впоследствии тоже не афишируются. Это тоже было бы препятствием на пути выполнения норм международного права. В период правления Джорджа Буша США сделали такие операции неотъемлемой частью своей опубликованной национальной стратегии безопасности. Такие страны, как Россия и Франция демонстрировали готовность на похожие действия. При президенте Обаме такие операции тоже не исключены полностью. В то же время подчёркивается, что они будут реализовываться, насколько это возможно, с помощью традиционных видов оружия. Джордж Буш считал в таких случаях возможным даже применение атомного оружия.

Большинство известных акций такого рода были составной частью более крупных военных операций, таких, как атаки и диверсии союзников во время второй мировой войны против производства тяжёлой воды “Norsk-Hydro” в Норвегии, контролируемого Германией, или против японского реактора в Токио. Кроме крупных военных событий стало известно об израильской атаке на иракский атомный реактор в Осираке в 1981 году и об израильском налёте в 2007 году на предполагаемый атомный реактор в Сирии.

Что касается войны в Ираке 2003 года, то вся война во многом оправдывалась необходимостью предотвращения распространения. Впоследствии выяснилось, что многие из так называемых „доказательств“, которыми Вашингтон оправдывал начало войны, не подтвердились или были откровенно лживыми.

Это выявляет ещё одну проблему: навязываемая необходимость секретности и быстрых действий (поскольку промедление якобы опасно) во многих случаях не позволяют проверить истинность или ложность причин, приводимых в обоснование военной операции. Это касается не только общественности, но и законодателей, которые должны контролировать воинственно настроенных представителей исполнительной власти. Международные организации вроде ООН тоже зачастую не могут провести тщательную проверку из-за нехватки времени. В результате причиной войны может стать всего лишь предполагаемое распространение, а не доказанное распространение оружия массового поражения, а в худшем случае она может послужить сфальсифицированным поводом для начала войны⁷⁰, имеющей совсем иные подлинные причины. Когда информация спецслужб играет важную роль, источники такой информации обычно не раскрываются. Проверить достоверность информации почти всегда невозможно за недостатком времени. Это можно сделать, когда уже слишком поздно. А случившееся не изменить.

Крайне трудно оценить эффективность военных операций в деле ликвидации или замедления атомных программ. Насколько нам известно, в прошлом их влияние было небольшим или даже контрпродуктивным. Очевидно, что Ирак решил разрабатывать ядерные вооружения именно после израильской атаки на свой реактор. Многолетнее общественное обсуждение возможного военного удара США или Израиля по иранским ядерным объектам свидетельствует о всей сложности, сомнительных перспективах и непредсказуемости военной операции, направленной на разрушение иранских атомных объектов⁷¹. Кроме того, ещё неизвестно, окажет ли военный удар какое-то влияние на решения Ирана по развитию своей атомной программы, и если окажет, то какое. Нельзя исключить, что в результате усилятся те силы в Тегеране, которые выступают за военную ядерную программу⁷².

70. События в Ираке в 2003 году показали, что не должно произойти аналогичных событий в Иране из-за схожих сомнительных „доказательств“.

71. Эксперты сомневаются, что Израиль смог бы без внешней помощи уничтожить важнейшие иранские ядерные объекты. Обычно считается, что США справились бы с такой задачей, но некоторые эксперты сомневаются в том, что ВВС США сумели бы неожиданно и полностью ликвидировать эти объекты, и не советуют делать этого, поскольку у Ирана есть много возможностей для возмездия.

72. Правительство и оппозиция в Тегеране в конфликте из-за атомной программы стараются максимально избежать впечатления, будто Иран поддался внешнему давлению. Если такое положение сохранится, то не исключено, что страх перед иранским ядерным оружием и породит это самое оружие, хотя неизвестно, собиралось ли иранское правительство изначально создавать его в рамках своей ядерной программы.

6. Противоречивый новый подход – политика нераспространения при Бараке Обаме

С вступлением в должность Барака Обамы в США наметился очередной поворот в политике ядерного нераспространения и разоружения. Спустя три месяца после прихода к власти Обама выступил 5 апреля 2009 года с речью в Праге, в которой он не только высказался за безъядерный мир, но и пообещал определённые шаги в этом направлении со стороны США. Обама сообщил, что он:

„снизит значение ядерных вооружений в национальной стратегии безопасности и побудит других сделать то же самое“;

„заключит с русскими новый договор о СНВ“, который определит ограничения и сокращение стратегических ядерных вооружений в двух странах;

„будет активно добиваться ратификации договора о запрете на ядерные испытания (СТВТ)“;

„будет добиваться заключения нового договора, который остановил бы производство расщепляющихся материалов для создания оружия“;

„усилит договор о нераспространении в качестве основы для сотрудничества“; требуется больше „ресурсов и авторитета“, чтобы усилить международные инспекции, „немедленные последствия, если доказано, что какое-либо государство нарушает правила“, а также „новая основа для сотрудничества в сфере мирного атома“, включая международный запас топлива для АЭС, которым государства могли бы пользоваться, не увеличивая угрозу распространения⁷³.

Кроме того, Обама подчеркнул, что все неядерные государства, выполняющие свои обязательства по ДНЯО и по отношению к МАГАТЭ, имеют право на неограниченное гражданское использование атомной техники. По его словам, такая технология вносит вклад в борьбу с изменениями климата.

Обещания Обамы были, очевидно, направлены на то, чтобы сигнализировать о готовности США к многосторонней политике нераспространения, и находились в общем временном и смысловом контексте с предстоящей в мае 2010 года контрольной конференцией по ДНЯО. Эта конференция не должна провалиться, как предыдущая, состоявшаяся пять лет назад. В речи Обамы были затронуты все важнейшие темы, связанные с ДНЯО, и обновлена основная „сделка“ между договаривающимися сторонами: ядерные страны должны разоружаться, неядерные страны должны согласиться с ужесточением правил нераспростра-

73. <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/remarks-president-barack-obama-prague-delivered>

нения, и все участники договора подтверждают право на гражданское использование атома. США готовы играть роль лидера на этом пути.

Год спустя, в апреле 2010 года, Обама постарался предъявить первые практические результаты и продемонстрировать, что у него слова не расходятся с делами. За семь дней он подписал новую доктрину (Nuclear Posture Review), план будущей ядерной политики США в военной сфере, вернулся в Прагу, чтобы подписать там со своим российским коллегой новый договор по СНВ, а затем организовал в Вашингтоне конференцию по ядерной безопасности, в которой приняли участие 47 стран. Целью всех трёх проектов было усиление режима ДНЯО. Но смогут ли они этого добиться?

6.1 Новый договор по СНВ

Новый договор по СНВ⁷⁴, подписанный 8 апреля 2010 года, ограничивает число стратегических ядерных ракетных систем для каждой их договаривающихся сторон цифрой 800, из которых 700 могут быть активны, а число размещенных боеголовок у каждой из сторон не должно превышать 1550 штук.

Вашингтон и Москва определили, что число ракетных систем должно сократиться более чем наполовину по сравнению с истекающим в декабре 2009 года договором по СНВ, число боеголовок – на 74 процента, а по сравнению с более поздним Московским договором о сокращении стратегических наступательных потенциалов (СНП) 2002 года – на 30 процентов. Впрочем, то, что на первый взгляд кажется серьёзным планом разоружения, на самом деле является совсем небольшим шагом.

Ни Россия, ни США в настоящее время не располагают такими ядерными потенциалами, которые бы приближались по величине к тем, которые разрешает старый договор по СНВ. Если проанализировать активный потенциал двух стран, то бросается в глаза – США должны будут сдать в утиль всего несколько десятков стратегических ракет и вывести из эксплуатации ещё около сотни. А России не придётся делать вообще ничего. Поскольку в наличии имеются всего 566 ракет, Москва теоретически может прибавить к ним ещё 200 систем, если сможет себе их позволить.

Похожая картина и с боеголовками: по оценкам экспертов организаций “Federation of American Scientists” и “Natural Resources Defense Council”, США имели в 2009 году примерно 2200 боеголовок, разме-

74. Текст договора: <http://www.state.gov/documents/organization/140035.pdf> Дополнительный протокол: <http://www.state.gov/documents/organization/140047.pdf>

щённых на ракетных системах, и ещё 150 в резерве⁷⁵. Россия имеет 2500-2600 боеголовок⁷⁶. Казалось бы, речь идёт о действительно значительном сокращении числа боеголовок: Вашингтону придётся (если для 2012 года положить в основу цифру в 2200 боеголовок, максимальную величину по договору по СНП) отказаться от 650 боеголовок, а Москве – минимум от 950-ти⁷⁷. Но это только видимость. Такое серьёзное разоружение – по большей части лишь фокус с цифрами и в действительности его не будет. Мы видим это по одной детали договора по СНВ: каждый стратегический бомбардировщик будет теперь считаться как одна единица оружия, а в старом договоре по СНВ он приравнивался к десяти единицам, если был способен нести крылатые ракеты и лишь к одной единице, если мог нести только атомные бомбы. В Московском договоре по СНП на этот счёт не вводится никаких новых правил. Фактически бомбардировщики могут нести по 6, 12, 16 и даже 20 единиц оружия. Это влечёт за собой два следствия: во-первых, несколько сотен боеголовок должны быть ликвидированы только на бумаге. Во-вторых, обе стороны могут сохранить на несколько сотен боеголовок больше, чем предусмотренные договором 1550⁷⁸.

Кроме того, новый договор по СНВ, как и его предшественник, не даёт сторонам указаний относительно того, сколько боеголовок они могут держать в резерве. Это оружие, которое во время кризиса можно привести в состояние боевой готовности. В прошлом стороны тоже имели намного больше оружия, чем это допустимо по договорам. В 2010 году обе стороны имели в общей сложности более 20000 ядерных зарядов.

Важным фоном этих скромных обязательств по разоружению в новом договоре по СНВ является внутрисполитическая обстановка в США и вытекающие из неё обязательные поручения Конгресса, сформулированные для президента и для нового договора по СНВ в законе о бюджете 2010 года. Например, администрация Обамы не имела права брать на себя договорные обязательства, которые ограничивали бы развитие американской системы ПРО и размещение обычных ракет

75. Hans M. Kristensen и Robert S. Norris: „U.S. Nuclear Forces 2009“, в: Bulletin of Atomic Scientists, March/April 2009, стр. 59.

76. Hans M. Kristensen und Robert S. Norris: „Russian Nuclear Forces 2010“, in: Bulletin of Atomic Scientists, January 2010, стр. 76.

77. Договор по СНП обязывает оба государства до 2012 года снизить число боеголовок до 1700-2200. Если за основу взять нижнюю границу, т.е. 1700 боеголовок, то США будут должны сократить 150, а Россия 500 боеголовок.

78. Окончательное количество вооружений зависит от того, сколько стратегических бомбардировщиков стороны в будущем задекларируют в качестве носителей ядерного оружия. Россия и США собираются модернизировать свои арсеналы крылатых ракет воздушного базирования.

большой дальности. Поскольку Вашингтон уже начал присматриваться к обычным ракетам большой дальности наземного и морского базирования, это ограничение вынудило представителя Обамы вести переговоры по стратегическим ракетоносителям с крайне консервативных позиций. Кроме того, для ратификации нового договора по СНВ в сенате нужны минимум восемь голосов республиканцев, многие из которых в принципе отвергают договоры по контролю над вооружениями. Теперь неизвестно, наберётся ли для ратификации в сенате необходимое большинство голосов в две третьих благодаря тому, что договор мало влияет на атомный потенциал США.

Небольшой объём новых обязательств по разоружению вряд ли окажется для большинства стран-участниц ДНЯО таким убедительным, чтобы они на контрольной конференции по договору согласились на значительное ужесточение правил нераспространения.

6.2 Саммит по ядерной безопасности

Барак Обама выступил в роли хозяина саммита по ядерной безопасности, состоявшегося в Вашингтоне 12 и 13 апреля 2010 года. Были приглашены представители 47 стран. Целью саммита была инициация процесса, в ходе которого страны-участницы согласились бы на усиленные меры безопасности или отказались бы от использования военных расщепляющихся материалов на своей территории. Итогом саммита стали коммюнике⁷⁹ и рабочий план⁸⁰. Оба документа не являются юридически обязательными, они выражают политическую волю на добровольной основе. На переднем плане соглашений находятся обязательства, взятые на себя странами-участницами:

подкрепить существующие международные соглашения (например, конвенцию о физической защите ядерных материалов и предотвращению актов ядерного терроризма) их быстрой и качественной реализацией на практике, а также помощью в их универсализации; то же самое относится к резолюции Совета Безопасности ООН № 1540⁸¹, цель которой, среди прочего, заключается в том, чтобы удержать неядерные страны от обладания оружием массового уничтожения;

реализовать и укрепить многочисленные инициативы МАГАТЭ, служащие обеспечению безопасности ядерных материалов и объектов, например, обновлённый INFCIRC 225, План ядерной безопас-

79. Cp.: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/communiqu-washington-nuclear-security-summit>

80. Cp.: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/work-plan-washington-nuclear-security-summit>

81. Cp.: <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N04/328/43/PDF/N0432843.pdf?OpenElement>

ности 2010-2013 и разрабатываемую техническую инструкцию для *Nuclear Material Accountancy Systems at Facilities*;

обеспечить безопасность ядерных материалов, особенно пригодных для создания оружия, а также ядерных объектов и не допустить попадания в руки негосударственных структур информации и технологий, необходимых для использования ядерных материалов в опасных целях;

принимать меры для обеспечения безопасности высокообогащённого урана и выделенного плутония (оружейного и реакторного плутония), контролировать хранение этих материалов и способствовать переводу реакторов с высокообогащённого урана на низкообогащённый, „там, где это технически и экономически возможно“, и вообще заменить высокообогащённый уран другими материалами, если это возможно⁸²;

прикладывать усилия по пресечению ядерной контрабанды и улучшению информационного обмена, а также для улучшения уровня экспертизы в области ядерного нераспространения;

улучшить меры по безопасной утилизации радиационных источников и наметить дальнейшие шаги в этой области.

На саммите по ядерной безопасности удалось начать процесс непрерывного сотрудничества. Через два года должна состояться следующая встреча в Сеуле. Барак Обама сумел продемонстрировать свою готовность к крупномасштабным многосторонним инициативам по нераспространению и убедить другие страны в том, что он, в отличие от своего предшественника Джорджа Буша, не делает ставки на односторонние действия. В конечном счёте, этот саммит можно считать сигналом для всех стран-участниц ДНЯО о том, что большая группа государств уделяет повышенное внимание безопасности ядерных материалов и объектов. Однако принципиально новых инициатив на саммите не появилось.

С этим саммитом был связан и довольно двусмысленный сигнал: правительство Обамы выдвинуло на передний план среди своих аргументов (как и в „Обзоре состояния ядерных сил“ – см. 6.3) борьбу со стремлением террористов получить доступ к ядерным материалам, технологиям и даже вооружениям. С помощью такой расстановки акцентов в анализе угроз и в обосновании необходимости самоограничения было сравнительно просто получить поддержку довольно большого числа стран, дав им минимум поводов отказаться. Но у

82. Продолжение эксплуатации исследовательского реактора в Гархинге на высокообогащённом уране происходит из-за того, что разработка альтернативного ураново-молибденового топлива пока не дала результатов, которые позволяли бы провести конверсию.

этой медали есть и обратная сторона: опасность того, что террористы попытаются завладеть военными ядерными материалами существенно ниже, чем то, что это попытаются сделать неядерные государства. Если же последовательно применять ко всем государственным структурам принятые ограничения, то стоит ожидать, что некоторые государства расценят такие требования как дискриминационные.

6.3 Обзор состояния ядерных сил

Представленная 6 апреля 2010 года ядерная доктрина⁸³ представляет собой доклад Конгрессу, в котором президент Обама описал важнейшие аспекты своей будущей политики в сфере ядерных вооружений. Обзор включает в себя ядерную политику, стратегию, доктрину, военный ядерный потенциал и его будущее, а также концепцию будущего ядерного военно-промышленного комплекса⁸⁴. Будущее гражданской атомной энергетики не было предметом данного доклада. В нём рассматривались только аспекты, имеющие большое значение для будущего режима нераспространения.

В документе впервые открыто ставится такая цель, как мир без ядерного оружия. Опасность того, что террористы могут завладеть материалами для создания атомной бомбы и даже применить её, описана в докладе как главная угроза современности, за которой следует распространение ядерного оружия в новые страны. Поэтому приоритетом ядерной политики Обамы объявлено усиление режима нераспространения ядерного оружия. Это тоже произошло впервые в документе о стратегической ядерной политике США. Сохранение ядерного устрашения и стратегического паритета с другими ядерными державами, например, Россией и Китаем, находится только лишь на третьем месте. Из доклада ясно следует, что новая администрация гораздо осторожнее относится к возможности применения атомного оружия, чем предыдущие правительства. Особенно резко она дистанцируется от политики Джорджа Буша. В докладе констатируется, что со многими угрозами, для которых администрация Буша предполагала применение атомного оружия, США могут справиться и обычными вооружениями, например, при применении неядерными странами химического и биологического оружия. „Фундаментальная задача и роль“ ядерных вооружений состоит в том, чтобы не допустить „ядерного удара по США, их союзникам и партнёрам“. Целью является дальнейшее уменьшение роли ядерного оружия, чтобы пре-

83. <http://www.defense.gov/npr/docs/2010 Nuclear Posture Review Report.pdf>

84. Собрание документов и исследований на эту тему: <http://www.bits.de/main/npr2001.htm>

дотвращение ядерной атаки в будущем стало „единственной задачей“ ядерного оружия. А до тех пор необходимо считаться с возможностью применения ядерного оружия „в крайней ситуации, чтобы защитить жизненные интересы США, их союзников и партнёров“.

В докладе по-новому и более чётко формулируются важные для режима нераспространения „негативные гарантии безопасности“ для неядерных стран: „США не будут угрожать применением ядерного оружия странам-участницам договора о нераспространении ядерного оружия, выполняющим свои обязательства по нераспространению, и не применяют ядерного оружия против этих стран“⁸⁵. Очевидно, что эти гарантии действуют и в том случае, если одно из этих государств применит биологическое или химическое оружие ⁸⁶. Получается, что в будущем США могут угрожать своим ядерным оружием только другим ядерным державам и государствам, не выполняющим обязательства по ДНЯО. На тот момент имелись в виду в первую очередь Северная Корея и Иран. В отношении этих государств Вашингтон оставляет за собой право ответить на применение биологического и химического оружия ядерным ударом – то есть Вашингтон по-прежнему оставляет за собой право на применение ядерного оружия первым. Хотя напрямую об этом в новой доктрине не говорится.

Непрояснёнными остаются два очень сложных аспекта: кто принимает решение относительно того, соблюдает страна обязательства по ДНЯО или нет? ООН, МАГАТЭ или президент США?⁸⁷ Кроме того, неясно, как должно приниматься такое решение – на основе чётких доказательств или на основе „достоверных“ предположений? Оба эти аспекта получили особенно печальный и неприятный оттенок во время войны против Ирака 2003 года.

В области политических деклараций роль ядерного оружия при Бараке Обаме явно уменьшается. И всё же: пройдёт несколько лет, пока эти изменения не найдут своего отражения в целевом планировании, в оперативных планах и прогнозах американских воору-

85. Для сравнения: при Джордже Буше эта формулировка звучала в 2002 году так: „США не будут использовать ядерное оружие против неядерных государств, присоединившихся к ДНЯО, за исключением случаев вторжения или другой атаки на США, их территорию, вооруженные и прочие силы, их союзников, в отношении которых присутствуют обязательства по обеспечению безопасности, которая была бы предпринята неядерным государством в альянсе с государством, обладающим ядерным оружием“. Она показывает, что роль ядерного оружия при Буше понималась гораздо более широко.

86. В случае технологического прорыва в области применения и эффективности биологического оружия администрация Обамы оставляет за собой право вернуться к прежней политике.

87. В Вашингтоне этот вопрос получает автоматический ответ, так что его не стоит и задавать. Президент принимает решение и может – но не обязан – позаботиться о международной поддержке.

жённных сил. А до тех пор будут действовать планы Джорджа Буша⁸⁸. Кроме того неизвестно, в какой мере и как быстро армия будет превращать в жизнь „политические“ задания Обамы. В армии могут понадеяться на то, что следующий президент будет республиканцем, который снова поменяет политические декларации США.

В плане будущего американских атомных вооружений предусмотрены незначительные изменения. Можно сказать, что в отношении структуры доклад консервативен. Разумеется, предстоит реализовать новый договор по СНВ. Нужно будет провести подготовительную работу для следующих переговоров с Россией. Но США сохраняют свою триаду ракетных систем, лишь немного изменив её. Будет завершено начавшееся сокращение числа боеголовок на межконтинентальных ракетах (с 3 до 1); через два года предстоит принять решение о будущем двух стратегических подводных лодок. Число бомбардировщиков дальнего действия с ядерными зарядами может быть сокращено. Однако эти изменения не носят принципиального характера.

Зато мы видим другой важный сигнал: принято решение о продолжении всех главных проектов по модернизации в сфере ядерных ракетных систем, о разработке и внедрении новых систем. Например, будет вестись разработка новой крылатой ракеты большой дальности, нового бомбардировщика и нового поколения подводных лодок для стратегических ракет, которые будут строиться после 2019 года и призваны обеспечить „непрерывное стратегическое устрашение до 2080-х годов“⁸⁹.

Также в докладе упоминается о продолжении модернизации ядерных боеголовок для ракет „Трайидент“ (W76-1), обширная программа модернизации семейства бомб B-61 (B61-12)⁹⁰, а также боеголовок для межконтинентальных ракет (W78). Необходимые для этого крупные инвестиции в ядерный военно-промышленный комплекс одобрены.

То есть принимается разработанная ещё при Джордже Буше концепция „новой триады“ и устрашения, которое должно в будущем опираться на ядерную составляющую, системы противоракетной обороны и традиционные вооружения большой дальности для внезапных стратегических ударов (Prompt Global Strikes). Эта концепция теперь будет применяться и для региональных систем устрашения – Европы, Ближнего и Среднего Востока, а также Дальнего Востока (Южная Корея, Япония).

Решения, касающиеся основ будущего ядерного военно-промыш-

88. Это видно, например, по OPLAN 8010-08 „Strategic Deterrence and Global Strike“ в варианте февраля 2009 года; см.: Hans M. Kristensen: Obama and the Nuclear War Plan Federation of the American Scientists Issue Brief, February 2010.

89. См.: http://www.senate.gov/~armed_services/statemnt/2010/03%20March/Johnson%2003-17-10.pdf

90. Две тактические версии этого оружия (B61-3 и B61-4) размещены в Европе.

ленного комплекса, резко контрастируют с изменениями в политических декларациях. Они создают впечатление, что безъядерный мир возможен разве что в XXII веке. То есть они вредят перспективной, более совершенной политике нераспространения.

6.4 Слово и дело – проблемы и противоречия

По сравнению со своими обещаниями из пражской речи реальный итог деятельности Обамы неоднозначен. Президент прикладывал усилия к заключению нового договора с Россией о разоружении, заключил этот договор – но не смог пока добиться одобрения сената. Администрация Обамы до сих пор не инициировала процесс ратификации договора о запрете испытаний, опасаясь провала из-за оппозиции в сенате; в меньшей мере такая перспектива грозит новому договору по СНВ. Обама выполнил обещание уменьшить роль ядерного оружия в стратегии безопасности, хотя, по мнению многих, пошёл недостаточно далеко. Очевидно его стремление вернуться к многосторонним отношениям ради усиления режима нераспространения и принятия более строгих правил нераспространения. А вот решения по консервативной структурной реформе ядерного потенциала и по поддержке практически всех планов модернизации времён Джорджа Буша, пусть даже они являются необходимыми внутривнутриполитическими компромиссами, станут серьёзным препятствием на пути к более совершенной политике нераспространения.

Кроме того, атомная политика Обамы крайне противоречива в двух пунктах. Оба пункта связаны с серьёзными угрозами: во-первых, администрация Обамы считает ядерный терроризм и опасность попадания ядерных материалов в руки негосударственных структур главной угрозой для будущего⁹¹. Поэтому она стремится сделать политику нераспространения и усиление режима ДНЯО своим приоритетом. Для этого нужно демонстрировать свою собственную готовность к ядерному разоружению, которая, если следовать анализу угроз Обамы, должна означать гораздо более значительные сокращения имеющегося ядерного потенциала, чем это планируется сейчас. Решения о будущем ядерного потенциала США говорят об обратном: количество и оснащение ядерных сил однозначно свидетельствует о стремлении ещё долго оставаться на одном уровне с другими ядерными державами, а ещё лучше – превосходить их. Кроме того, такие

91. Можно усомниться в том, что главная ядерная опасность заключается именно в терроризме. Возможно, она самая „удобная“. Многие эксперты считают гораздо более серьёзной угрозой появление новых ядерных стран и „многомерных систем устрашения“.

сигналы показывают, что США до конца текущего столетия будут обладать сильными, современными ядерными вооружениями, а также возможностями и инфраструктурой по их модернизации. В результате они с большой вероятностью станут серьезнейшим препятствием в борьбе с распространением, потому что они подрывают готовность других стран согласиться на ужесточение правил нераспространения и усиление режима ДНЯО.

Второе противоречие в ядерной политике Барака Обамы показывает, что он является заложником противоречивости ДНЯО: Обама постоянно подчёркивает право неядерных стран на любое мирное использование атомной энергии. Он обосновывает это и тем, что АЭС могут сыграть важную роль в снижении выбросов CO_2 и борьбе с изменением климата. Обама говорит о том, что США сами будут строить новые АЭС, для чего будут выделяться государственные гарантии на многие миллиарды долларов. И, наконец, его администрация собирается оказывать всестороннюю поддержку разработке и строительству реакторов нового поколения, якобы неопасных в плане распространения и предназначенных на экспорт. Всё это может оказаться хорошим сигналом для неядерных стран, которые хотят развивать мирный атом и которым, по версии Обамы, даже следует это делать. Но на практике так может действовать только тот, кто готов смириться с ростом риска распространения в будущем.

7. Мир в поисках энергии

Растёт беспокойство по поводу того, смогут ли важнейшие источники энергии – нефть и природный газ – удовлетворять растущие потребности населения Земли. Несмотря на мировой финансовый кризис глобальный спрос на энергию продолжит быстрый рост. С тех пор, как в Азию стали перемещаться производства, нуждающиеся в большом количестве энергии и рабочей силы, находившиеся раньше на Западе, переживающем сейчас период деиндустриализации, потребность в энергии в Азии стремительно растёт. Достаточный уровень обеспечения энергией и электричеством стал одним из главных условий развития. Однако запасы нефти и газа на Земле не бесконечны, а поставки по доступным ценам, в любое время и в любое место не всегда возможны. Рано или поздно будут иметь место трудности, проистекающие из разрыва между спросом и предложением, истощения „дешёвых“ месторождений и из региональных конфликтов. Вместе с тем растёт понимание того, что все ископаемые источники энергии сильно влияют на изменение климата, и что активное их использование невозможно совместить с преодолением

опасного изменения климата. Поэтому поиск альтернативных и дополнительных источников энергии стал ключевой тенденцией и в западном мире, и в развивающихся странах. Наряду с возобновляемыми источниками энергии „мирный атом“ является одной из альтернатив, привлекающей всё больше внимания.

Многие исследования исходят из того, что можно ограничить опасность распространения и в то же время продолжать экспорт гражданских ядерных технологий⁹². Кажется, что и политика нового правительства США опирается на такую точку зрения. Но предложения в области политики нераспространения, звучащие сейчас, должны хотя бы примерно соответствовать по перспективности и эффективности тем предложениям, которые провозглашались в 60-е и 70-е годы. Нынешние предложения позволяют выиграть время до того момента, когда в результате случаев распространения опять обнаружатся „утечки“ и недочёты. Если негосударственные структуры начнут активно работать на этом направлении, то большинство мер по нераспространению ядерного оружия, направленных на предотвращение ядерного распространения между государствами, окажутся малоэффективными. Тот, кто поддерживает экспорт ядерных технологий, несмотря на угрозу для безопасности и возможность распространения, игнорирует наличие центральной проблемы в данной сфере: нельзя добиться одновременно максимальной защиты от распространения и максимальных экономических выгод от экспорта гражданской ядерной технологии. Несмотря на все меры безопасности, ядерное распространение останется и в будущем проблемой для международной безопасности.

С большой долей вероятности можно утверждать, что на современном этапе развития технологий невозможно оградить гражданскую атомную энергетику от риска ядерного распространения. Можно возводить новые препятствия и сужать проблемы. Но все предлагаемые реалистичные меры по снижению риска с течением времени утратят свою эффективность. Технологический прогресс и расширяющийся доступ к высоким технологиям рано или поздно позволят преодолеть самые строгие препоны политики нераспространения.

Даже при самых благоприятных условиях следует предполагать, что риск распространения растёт, если растёт число стран, использующих атомную энергию для выработки электричества. Каждая страна, вступающая в круг гражданского использования атомной энергии, увеличивает число мест, в которых придётся охранять ядерные материалы, в которых понадобятся эксперты и учёные со специальным

92. Ср., напр.: The Atlantic Council: Proliferation and the Future of Nuclear Power, Washington DC 2004.

образованием и опытом, в которых появятся объекты, уязвимые для террористических атак.

Угроза распространения ядерного оружия в будущем вырастет по следующим причинам:

во-первых: уран, как нефть и газ, не является неисчерпаемым источником энергии. Мировые запасы урана рано или поздно подойдут к концу, и неважно, хватит ли их при стабильном потреблении на 60, 80 или 100 лет. Организации, утверждающие, что урана хватит надолго, обычно также утверждают, что число АЭС будет неуклонно расти. Если относиться к урану, как к стабильному источнику энергии, тогда необходимо сделать ставку на замкнутый ядерный топливный цикл и на технологии регенерации (выделение плутония), что должно позволить многократное использование топлива. Однако с регенерацией связан повышенный риск распространения, особенно в том случае, если увеличится число стран, пользующихся этой технологией.

во-вторых: побочным эффектом глобализации является ослабление монополии правительств на применение силы. Этот феномен часто обозначают термином „распадающиеся государства“. В таких государствах правительство не контролирует всю территорию, на которой оно должно обеспечивать безопасность. Если в таких неудавшихся государствах имеются ядерные объекты – гражданские или военные, то возникает очевидная угроза распространения. Распад СССР продемонстрировал миру многие аспекты, характерные для подобной ситуации. Можем ли мы быть уверены, что Пакистан никогда не станет „распадающимся государством“ или не будет разделён на части? Разве это не относится к африканским странам, которые сейчас всё чаще задумываются об использовании атомной энергии?

в-третьих: будет появляться всё больше стран, которые смогут поставлять ядерные технологии, поскольку они эксплуатируют гражданские атомные объекты. Тем самым увеличивается число источников технологий и постепенно всё больше стран приобретают возможность самостоятельно изготавливать отдельные компоненты и экспортировать их. Экономическая привлекательность такого экспорта зачастую срывает быстрее, чем вводятся какие-то эффективные ограничения на экспорт и реализуются новые стандарты безопасности. Деиндустриализация Запада и индустриализация Юга становятся важным тестом на прочность для современных механизмов контроля, ограничения и запрета экспорта ядерных технологий. Кроме того, некоторые потенциальные страны-поставщики ядерных технологий могут иметь иные представления о легитимном гражданском использовании ядерной техники, чем

традиционные ядерные державы и их союзники. Вспомним об упрёках в „ядерном апартеиде“, который якобы возникает в результате экспортной политики Севера. Это, в свою очередь, поставило бы перед системами контроля над ядерным экспортом ряд серьёзных проблем. Если новые страны-поставщики начнут бороться за доли рынка, то представители промышленности в западных странах могут вспомнить старый и очень опасный аргумент, который ещё в прошедшие десятилетия повторствовал ядерному распространению: „Если мы не продадим, то они продадут. Поэтому будет лучше, если мы сами продадим“.

Ещё в 1976 году исследование Стокгольмского института проблем мира SIPRI на тему ядерного нераспространения пришло к выводу, что топливный цикл, базирующийся на обогащении и изготовлении топлива на совместных предприятиях, принадлежащих одновременно большому количеству стран, был бы эффективной защитой от распространения⁹³. Авторы исследования настаивали на том, чтобы следующие два-три десятилетия, выигранные за счёт ДНЯО и других мер по нераспространению, были использованы для создания такого топливного цикла. Три десятилетия миновали, а на этом пути не было достигнуто заметных успехов. На их пути всегда стояли национальные экономические интересы. Только в последние годы, под влиянием дебатов вокруг Ирана, стали чаще вспоминать о развитии на многосторонней основе⁹⁴. Но до сегодняшнего дня трудно себе представить, что в будущем с угрозами распространения начнут обращаться предусмотрительнее.

Атомная энергия во многих странах по-прежнему считается сложной технологией, овладение которой считается доказательством высокого уровня развития и мощи. Поэтому во многих странах атомная энергия рассматривается как важная составная часть развития и модернизации. Не все страны располагают экономическими средствами для реализации таких намерений. Те, кто располагают средствами, могут выбрать ядерный вариант. Пока западные страны, заинтересованные в прибыли от экспорта ядерных технологий, продолжают изобретать атомную энергию современным, экологически безопасным и дешёвым источником энергии, они способствуют привлечению новых и новых стран к использованию ядерных технологий. Тем самым они неизбежно повышают риск распространения⁹⁵.

93. Frank Bamaby et al. (eds.): Nuclear Energy and Nuclear Weapon Proliferation, London/Stockholm 1979.

94. Под контролем МАГАТЭ должен быть создан небольшой общий запас топлива, к которому бы имели доступ все страны-участницы.

95. Стоит подумать о том, чтобы позиционировать атомную энергию как устаревшую технологию: сегодня во всё большем числе стран лучшие механики, инженеры и учёные работают над технологиями энергосбережения и над возобновляемыми источниками энергии, а не над развитием ядерных технологий.

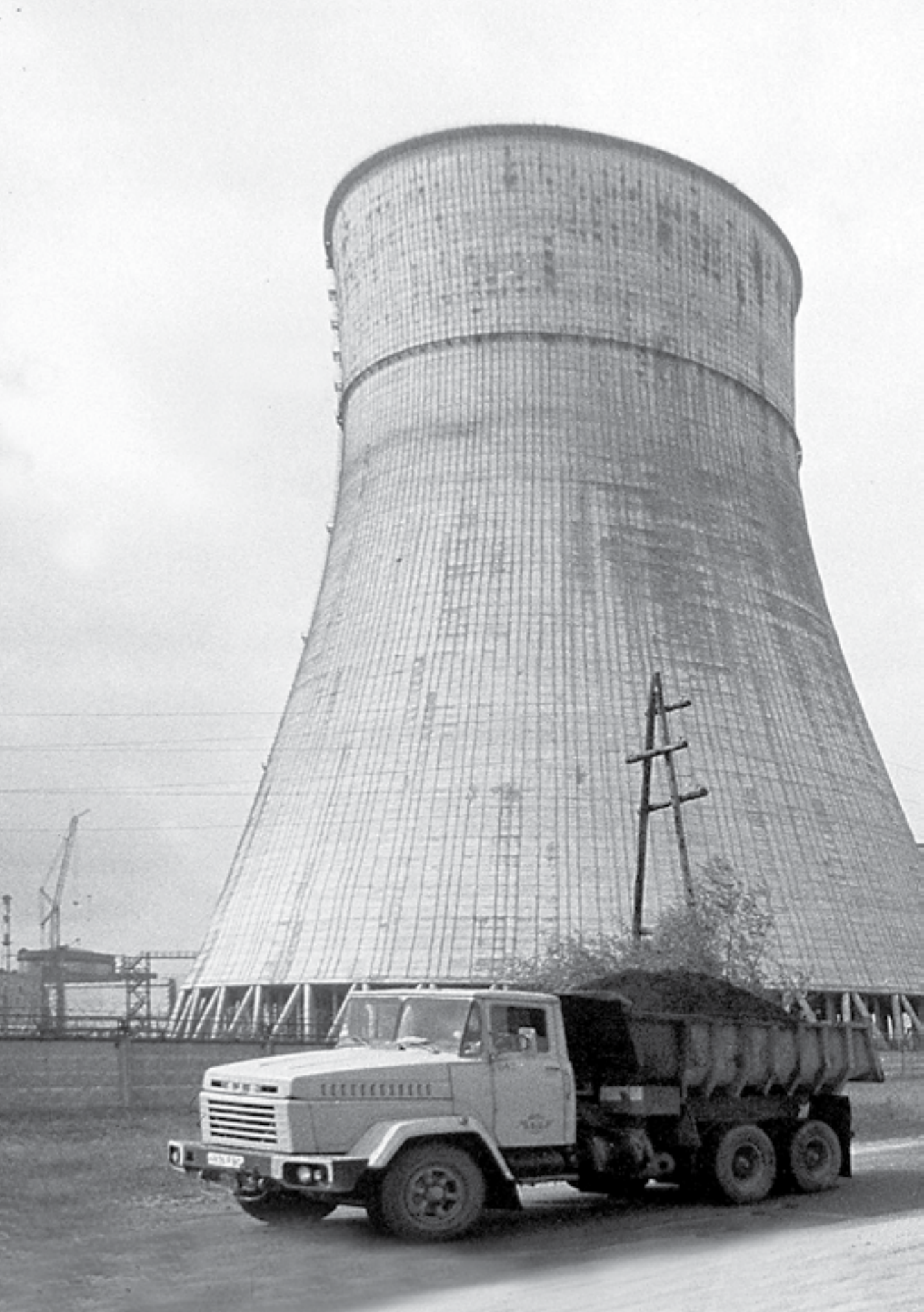
Договор о нераспространении ядерного оружия и режим нераспространения, создаваемые с конца 1960-х годов и до начала XXI века, основаны на принципе „обмена“. Ядерные государства обещают ликвидировать свои арсеналы, а неядерные обещают не обзаводиться атомным оружием – и всем участникам даётся право на неограниченное использование гражданской атомной энергетики. Конечно, можно усилить механизмы контроля за нераспространением. Для этого нужна политическая воля. Но наличие этой воли во многих странах зависит от заметного прогресса в контроле над вооружениями и в деле разоружения. Оно зависит и от того, будут ли в этих странах вводиться ограничения на гражданское использование ядерной технологии, или от неё совсем откажутся. Для этого тоже требуется политическая воля. Но до сих пор этой воли не хватает в том, что касается дальнейшего гражданского и военного использования атомной энергии. Нехватка этой воли заметна, например, по ведущимся в Германии дискуссиям о продлении сроков службы существующих АЭС и даже об отмене уже принятого закона о прекращении использования атомной энергии.

Гражданское и военное использование атомной энергии можно рассматривать как сиамских близнецов. Один невозможен без другого, и каждый таит в себе свои угрозы. Только отказ от обоих вариантов открыл бы реальную перспективу реализации мечты о безъядерном мире. Наилучшим решением, в том числе с точки зрения борьбы с распространением, было бы решение „двойного нуля“ – отказ от ядерного оружия и от атомной энергии. И самый сильный аргумент против стремления к безъядерному миру – „никто не сможет гарантировать, что кто-то другой не создаст атомное оружие снова“ – утратил бы свою популярность: запрет на ядерное оружие и атомную энергию проконтролировать гораздо проще, чем запрет на одно только ядерное оружие⁹⁶.

Немецкое физическое общество, старейшее и крупнейшее объединение физиков в мире, опубликовало 6 апреля 2010 года свою резолюцию⁹⁷. В связи с контрольной конференцией по ДНЯО в мае 2010 года учёные призывают начать переговоры о заключении новой конвенции: до 2020 года необходимо заключить договор, объявляющий ядерное оружие вне закона. Была бы уместна аналогичная инициатива в отношении атомной энергии. Потому что на отказ от обоих видов ядерных технологий потребуется время.

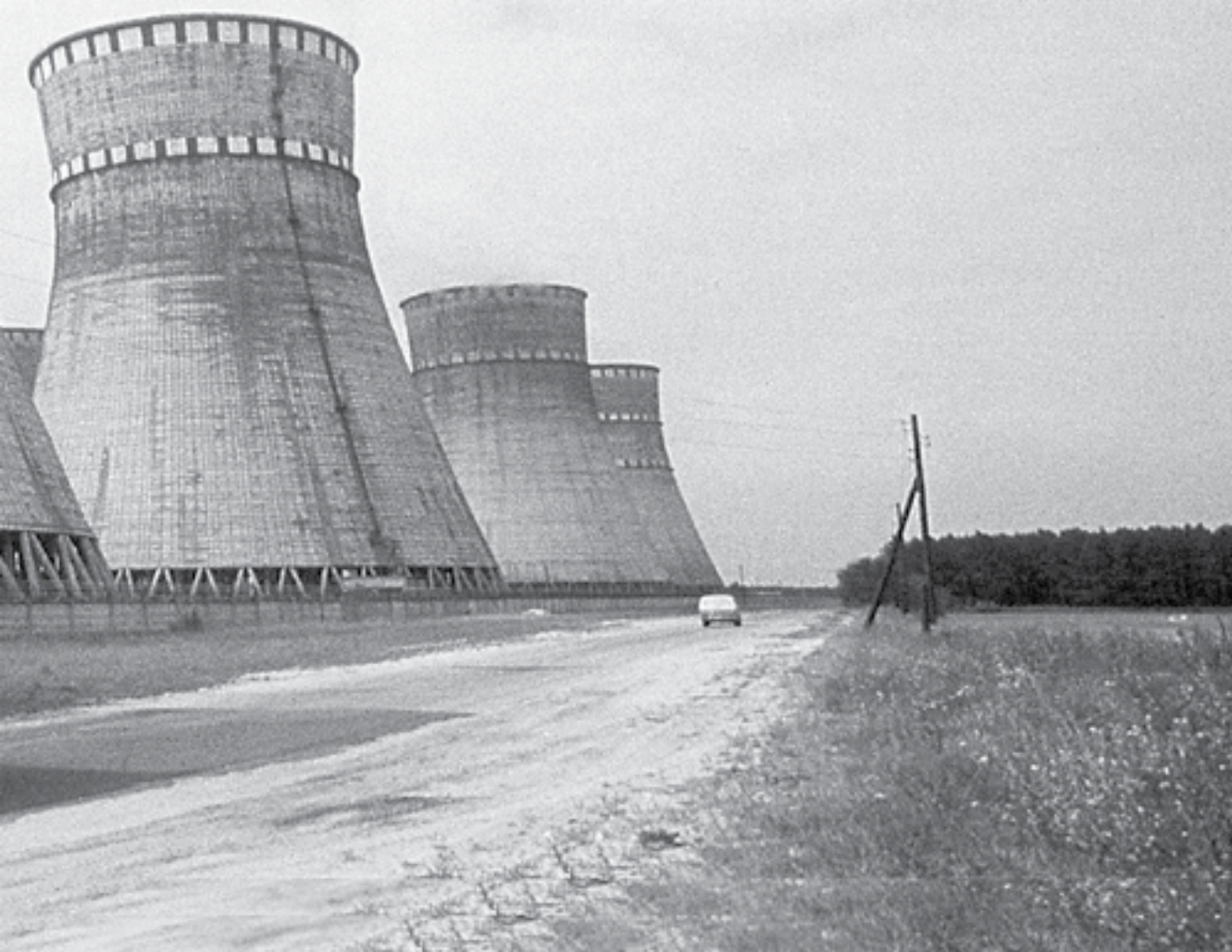
96. Если запретить только военное использование ядерной технологии, то знания и экспертизы „выживут“ в гражданском ядерном секторе; если отказаться от обоих видов использования, то постепенно „вымрут“ все эксперты.

97. Ср.: <http://www.dpg-physik.de/presse/pressemit/2010/dpg-pm-2010-12.html>



Атомное оружие, энергетическая безопасность, изменение климата – пути разрешения ядерной дилеммы

Генри Д. Сокольски



В преддверии контрольной конференции по Договору о нераспространении ядерного оружия в мае 2010 года крупные государства с невиданной доселе решительностью поставили перед собой несколько важных целей: сократить арсеналы атомного оружия в США и России, предпринять какие-то действия против атомного вооружения Пхеньяна и остановить Иран, стремящийся к обладанию ядерным оружием. За этими целями скрывается надежда на то, что количество усилий перейдёт в качество и они приведут к тому, что договорённости о сокращении атомных вооружений будут достигнуты не только между США и Россией, но и с другими атомными государствами мира. В принципе, существует и надежда на то, что прогресс в сокращении имеющихся ядерных арсеналов побудит неядерные страны избегать опасных действий, связанных с гражданским производством ядерного топлива и более активно открывать гражданские атомные объекты для проведения международных инспекций.

Маловероятно, что все эти надежды станут реальностью. Если в КНДР или Иране не сменится правительство, то, скорее всего, Пхеньян не откажется от своей атомной программы, и Иран не прекратит своих ядерных разработок. Что же касается сокращения имеющихся запасов ядерного оружия, то после подписания США и Россией нового договора по СНВ произойдёт, наверное, некоторое сокращение стратегических вооружений (вероятно, до 1000 или 500 боеголовок); другие договоры, по которым Россия могла бы сократить гораздо большее число тактических атомных вооружений, вряд ли будут подписаны так быстро и легко. Россия отдаёт себе отчёт в том, что разрыв между её обычными вооружениями и вооружениями НАТО и Китая постоянно увеличивается: Россия отстаёт. Поэтому для обеспечения собственной безопасности Москва скорее будет опираться на свои тысячи единиц тактических ядерных вооружений, чем уничтожать или сокращать эти вооружения. Перспектива того, что Китай, Индия, Пакистан, КНДР и Израиль пойдут на сокращение своих ядерных вооружений, отодвигается, судя по всему, в отдалённое будущее.

Если сохраняются существующие тенденции в ядерной сфере, то международная безопасность переживёт в ближайшие два десятилетия тяжелейший кризис. К 2020 году ядерные вооружения Пакистана, а также Индии и Израиля превысят по мощности вооружения Великобритании. Скоро похожая судьба ожидает и Францию. Китай обладает сейчас достаточным количеством выделенного плутония и высокообогащённого урана, чтобы утроить свой арсенал, составляющий на данный момент примерно 300 атомных боеголовок, и, по всей видимости,

Китай делает это. Япония также может без проблем воспользоваться своим выделенным ураном для изготовления тысяч бомб. Запасы ядерных материалов в США и России, достаточные для изготовления десятков тысяч боеголовок, сократятся незначительно, в то время, как аналогичные запасы атомных материалов в других ядерных странах и в Японии легко могут удвоиться¹. Эти тенденции обостряются за счёт того, что будет появляться всё больше стран, находящихся на пороге ядерного статуса: к 2010 году минимум 25 государств объявили о своём желании построить к 2030 году крупные реакторы – а история показала, что это главная предпосылка к созданию бомб.

Всё это отнюдь не способствует борьбе за сокращение ядерных вооружений. Растущая популярность „мирного“ использования атомной энергии только усиливает описанные тревожные тенденции. Сегодня почти все государства, экспортирующие ядерное топливо, утверждают, будто экспорт новых мощных реакторов способствует режиму нераспространения, потому что приводит к росту числа инспекций; однако во многих тревожных ситуациях даже очень интенсивные инспекции оказывались неспособными полностью или хотя бы частично предотвратить частичное использование ядерных материалов в военных целях. Международные инспекции не позволяют даже регулярно контролировать большую часть отработавших и новых топливных элементов в мире – а это именно те материалы, на которых работают установки по обогащению и регенерации, производящие ядерные материалы, пригодные для создания ядерного оружия. Кроме того, эти установки по производству ядерного топлива можно спрятать от инспекторов, и даже если заявить об их наличии, то можно производить оружейные материалы таким образом, чтобы инспекторы не смогли это вовремя обнаружить².

Некоторым из этих моментов в США уделяется всё больше внимания. Но дискуссии на эту тему нужно существенно расширить. Даже если будут реализованы все инициативы по ядерному разоружению,

1. International Panel on Fissile Materials: Global Fissile Materials Report 2008 (октябрь 2008 г.), доступно по адресу: <http://www.ipfmlibrary.org/gfmr08.pdf>; Andrei Chang: “China’s Nuclear Warhead Stockpile Rising”, UPIAsia.com (5 апреля 2008 г.), доступно по адресу: http://www.upiasia.com/Security/2008/04/05/chinas_nuclear_warhead_stockpile_rising/7074

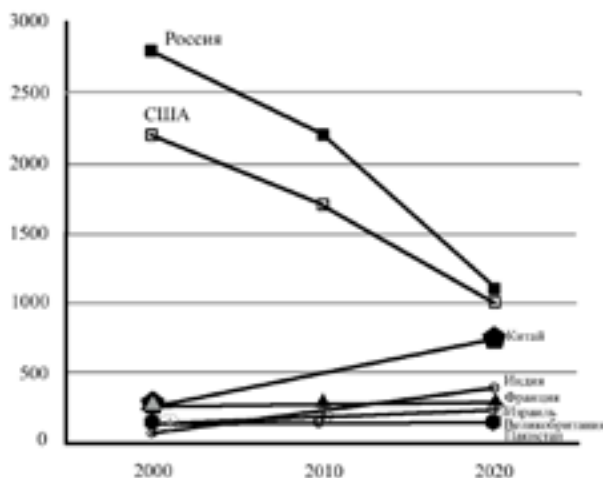
2. См., например: Henry S. Rowen: “This ‘Nuclear-Free’ Plan Would Effect the Opposite”, Wall Street Journal (17. Januar 2008). Технические подробности см. David Kay: “Denial and Deception Practices of WMD Proliferators: Iraq and Beyond”, в Weapons Proliferation in the 1990s, изд. Brad Roberts (MIT Press, 1995); Victor Gilinsky et al., “A Fresh Examination of the Proliferation Dangers of Light Water Reactors” (Washington, DC: NPEC, 2004), доступно по адресу <http://www.npec-web.org/Essays/20041022-GilinskyE-tAl-lwr.pdf>; а также Andrew Leask, Russell Leslie und John Carlson: “Safeguards As a Design Criteria – Guidance for Regulators”, (Australian Safeguards and Non-proliferation Office, сентябрь 2004), доступно по адресу: http://www.asno.dfat.gov.au/publications/safeguards_design_criteria.pdf

пропагандируемые США и Европейским Союзом (договор по СНВ, договор о прекращении испытаний ядерного оружия (СТВТ), договор о запрете на производство расщепляемых материалов для ядерного оружия (ФМСТ), резервы ядерного топлива и интенсивные инспекции ядерных объектов), и удастся избежать вышеупомянутых опасностей, США и их союзники неизбежно столкнутся с новыми серьёзными угрозами ядерного распространения.

Сеть ядерных держав?

Одна из этих угроз заключается в том, что Китай, Индия, Пакистан и Израиль постепенно увеличивают свои арсеналы, в то время, как США и Россия сокращают свои вооружения. Согласно нынешним планам США объёмы стратегических вооружений США и России должны ограничиться 1000 боеголовок для каждой страны. Поэтому вполне возможно, что через десять лет США и Россия будут опережать другие ядерные страны по числу ядерных вооружений не на тысячи, а на сотни единиц (см. илл. 1). Если это произойдёт, то относительно небольшие изменения в количестве ядерных вооружений одной страны будут гораздо сильнее влиять на равновесие сил, чем сегодня.

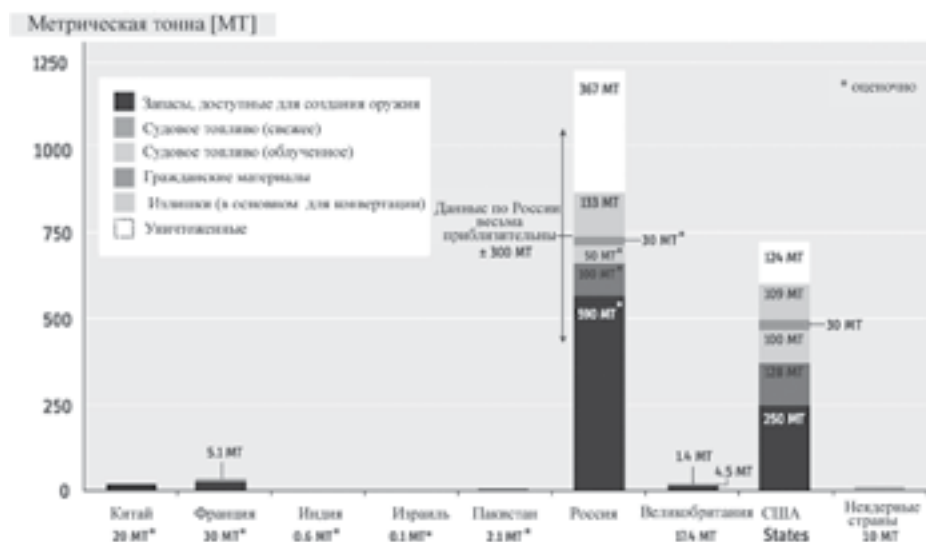
Илл. 1: Будущие арсеналы ядерного оружия (стратегических боеголовок)³



3. Данные для этого графика взяты из: Natural Resources Defense Council, "Russian Nuclear Forces 2007", Bulletin of the Atomic Scientists (март/апрель 2007), доступно по адресу: <http://thebulletin.metapress.com/content/d41x498467712117/fulltext.pdf>; Gareth Evans и Yoriko Kawaguchi, Eliminating Nuclear Threats: A Practical Agenda for Global Policymakers (Canberra, Australien: International Commission on Nuclear Non-proliferation and Disarmament, 2010), стр. 20; а также Robert S. Norris и Hans M. Kristensen, "U.S. Nuclear Forces, 2008", Bulletin of the Atomic Scientists (март/апрель 2008), доступно по адресу: <http://thebulletin.metapress.com/content/pr53n270241156n6/fulltext.pdf>

Нестабильность международного положения, обусловленная этими тенденциями, усугублялась бы огромными и всё увеличивающимися запасами ядерных материалов, пригодных для создания оружия (выделенного плутония и высокообогащённого урана) в различных государствах. Эти запасы уже сегодня больше соответствующих запасов в США и России. Их хватило бы на десятки тысяч примитивных бомб. Причём в Пакистане, Индии, Китае, Израиле и Японии эти запасы, вероятно, продолжают расти. Такие государства получают возможность наращивать число своих ядерных вооружений с невиданной ранее скоростью (существующие запасы этих государств см. илл. 2).

Илл. 2: Запасы высокообогащённого урана в разных государствах⁴



Запасы высокообогащённого урана в разных странах (середина 2009 года): цифры для Великобритании и США базируются на официальных публикациях в этих государствах. Гражданские запасы высокообогащённого урана во Франции и Великобритании основаны на декларациях, предоставленных в Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ). Данные, помеченные звёздочкой, представляют собой очень приблизительные оценки неправительственных организаций. Данные об излишках высокообогащённого урана в России и США относятся к 2009 году. Высокообогащённый уран в неядерных странах подлежит контролю со стороны МАГАТЭ. В

4. Frank von Hippel et al., "International Panel on Fissile Material", Global Fissile Material Report 2009, стр. 13 и 16, доступно по адресу: http://www.fissilematerials.org/ipfm/site_down/gfmr09.pdf. Эта и последующие иллюстрации даны в оригинале.

отношении данных об общих запасах Китая, Пакистана и России, а также о военных запасах Франции следует исходить из вероятной погрешности в 20 процентов, в отношении данных об Индии – из вероятной погрешности в 50 процентов.

Илл. 3: Запасы выделенного плутония⁵



Запасы выделенного плутония. Данные о гражданских запасах основаны на INFCIRC/549 декларациях от января 2008 года; в таблице указываются исходя из того, кто владеет материалом, а не по месторасположению. Данные о военных запасах основаны на оценках неправительственных организаций; это не относится к США и Великобритании – в этих странах имеются соответствующие правительственные декларации. В отношении данных о военных запасах Китая, Франции, Индии, Израиля, Пакистана и России следует исходить из вероятной погрешности в 20 процентов. В Индии плутоний, выделенный из отработавших топливных элементов с реакторов на тяжёлой воде, считается „стратегическим“ материалом; его запасы не подлежат контролю со стороны МАГАТЭ. В Бельгии находится 1,4 тонны иностранного плутония, собственного плутония у Бельгии нет (см. приложение 1С).

Через 20 лет может существенно увеличиться число стран, которые будут в состоянии, подобно Японии и Ирану, в течение нескольких месяцев получить ядерное оружие. Кроме того, более 25 стран заявили о своих крупномасштабных программах мирного использования атомной энергии. Если все они реализуют свои планы и к 2030

5. Там же.

году действительно запустят первые АЭС, то количество стран, эксплуатирующих АЭС, увеличится почти вдвое – сегодня имеется 31 такая страна и большинство их находятся в Европе (см. илл. 4 и 5).

Илл. 4: Государства и регионы, имеющие атомные реакторы⁶



Илл. 5: Предполагаемые будущие атомные страны (оценка 2008 года)⁷



6. Иллюстрации Шарона Сквассони для NPEC, доступны по адресу: <http://www.npec-web.org/Frameset.asp?PageType=Projects>

7. Там же.

Если будет иметь место рост гражданского использования атомной энергии, то он может привести к последствиям в военной области. Все сегодняшние ядерные страны начинали с запуска крупного реактора и лишь потом появлялась первая бомба. Великобритания, Франция, Россия, Индия, Пакистан и США в первое время создавали большую часть своих бомб именно с помощью реакторов, вырабатывавших заодно и электроэнергию. США до сих пор производят весь тритий для военных нужд на одной из электростанций, на так называемом „безопасном с точки зрения нераспространения“ реакторе на лёгкой воде, принадлежащем компании “Tennessee Valley Authority” (TVA).

Разумеется, кроме больших реакторов нужны и другие установки для того, чтобы из отработавших реакторных топливных элементов выделить оружейный плутоний или производить обогащение урана, применяемого в качестве топлива для реакторов. Как мы видим на свежих примерах Ирана и КНДР, установки могут строиться и эксплуатироваться таким образом, что их довольно трудно обнаружить, поэтому маловероятно, что нелегальное производство будет выявлено вовремя.

Если все заявленные программы мирного использования атомной энергии будут реализованы в соответствии с планами, то в 2030 году равновесие в мире будет гораздо более зыбким. Потому что к тому времени исчезнет ситуация, когда в мире есть несколько официальных ядерных держав, большинство из которых (по утверждению США) являются союзниками или стратегическими партнёрами. Более вероятна ситуация, отображённая на илл. 6 и 7, при которой будет существовать неопределённое количество новых ядерных стран, которые либо уже будут обладать ядерным оружием, либо будут в состоянии получить его в течение 12-24 месяцев.

Илл. 6 и 7: Государства, имеющие ядерное оружие и их взаимоотношения



Может быть, США, их союзники и ЕС и тогда будут знать, кто является их другом, а кто – потенциальным противником, но едва ли они смогут быть уверены в том, как эти страны поведут себя в ситуации кризиса: пойдут ли они своим путём, начнут вооружаться или же вступят в союз с какой-либо другой ядерной страной? Кроме того, США, их союзникам и ЕС будет весьма затруднительно оценить ударную силу вооружённых сил противника.

Упомянутые тенденции увеличили бы также риск ядерного терроризма. Появится больше возможностей завладеть ядерным оружием

и ядерными материалами, кроме того, будет больше атомных объектов гражданского и военного назначения, которые смогут стать целями для диверсий. Опасность неверной оценки ситуации и начала атомной войны вырастет в такой степени, что даже теракты, произведённые без применения атомного оружия, могут спровоцировать серьёзные конфликты и в конечном счёте атомную войну.

Такая ситуация напоминает нестабильное положение накануне Первой и Второй мировых войн. Тогда тоже ставились амбициозные цели в области разоружения, но в то же время государства тайно или открыто вели крупномасштабные военные приготовления, в результате чего напряжение росло и приводило, в конечном счёте, к войне. Разница заключается лишь в том, что в грядущих конфликтах будут использоваться не просто взрывоопасные, а атомные материалы.

Доводить дело до конца

Всё это порождает вопрос: можем ли мы остановить эти тенденции или хотя бы взять под контроль их последствия? Ответ короток и прост: да – при условии, что мы будем придерживаться нескольких основных принципов.

Во-первых, даже при продолжающемся сокращении ядерных арсеналов необходимо следить за тем, чтобы шаги по разоружению/вооружению действительно снижали опасность войны.

Чтобы ядерные гарантии безопасности США и НАТО смогли и далее удерживать их важнейших союзников от стремления к собственному ядерному оружию, Вашингтон и Брюссель должны избегать всего, что ставит под угрозу единство в противостоянии с их главными ядерными противниками. США и НАТО не только должны сокращать столько же боеголовок, сколько Россия; в краткосрочно и среднесрочной перспективе они должны удерживать такие ядерные державы, как Китай и Индия, от попыток гонки вооружений с США или друг с другом – как в случае Индии и Китая, Пакистана и Индии, Японии и Китая. Это означает, что не только с Россией, но и с Китаем, Индией и Пакистаном нужны специальные соглашения, направленные либо на сокращение ядерных вооружений, либо на ограничение производства и хранения ядерных топливных элементов. Практически это означает, что государства, которые в ближайшем будущем станут ядерными или уже являются таковыми (как Израиль и Япония), должны быть призваны к снижению или прекращению производства ядерных материалов, либо к уничтожению части имеющихся запасов.

До сих пор ни США, ни ЕС не объяснили, как они собираются достигнуть этой цели. Президент Обама инициировал переговоры на тему договора о контроле над расщепляющимися материалами (ФМСТ). В большинстве версий этого договора разрешается „гражданское“ производство ядерного топлива, которое практически ничем не отличается от военного. Кроме того, неизвестно, вступит ли вообще когда-нибудь в силу такое соглашение спустя десятилетия бесплодных переговоров в Женеве. В настоящее время переговоры тормозят представители Пакистана.

Кроме ФМСТ существуют и другие пути к ограничению производства расщепляющихся материалов. Некоторые дипломаты, среди которых советник министерства иностранных дел США Хиллари Клинтон, выступили со следующей инициативой: вместо юридически-обязывающего соглашения ядерные державы и страны, не имеющие ядерного оружия, должны заявить о том, какая доля в их запасах плутония и высокообогащённого урана не нужна им ни для военных, ни для гражданских программ; эту долю нужно затем обезопасить и уничтожить⁸. Можно затруднить доступ стран к этим задекларированным излишкам, если ввести норму, что такой доступ возможен только с согласия всех стран, поддержавших инициативу⁹.

Ещё одно практическое предложение, которое имело бы непосредственные последствия для политики Индии в отношении ядерного оружия, звучит следующим образом: соглашением между Вашингтоном и Дели о ядерном сотрудничестве в гражданской сфере не должно привести к увеличению возможностей Индии в производстве материалов, пригодных для военного использования, по сравнению с моментом подписания договора в 2008 году. Государства, обладавшие ядерным оружием ещё в 1967 году – США, Россия, Франция, Великобритания и Китай – обязались в Договоре о нераспространении ядерного оружия ни прямо, ни косвенно не способствовать тому, чтобы какое-либо другое государство получило атомное оружие. В рамках документа “Hyde Act”, регулирующего сотрудничество между США и Индией в гражданском использовании атомной энергии, Белый дом должен регулярно предоставлять конгрессу отчёты о том,

8. См., например: Robert Einhorn: “Controlling Fissile Materials and Ending Nuclear Testing”, доклад на международной конференции по ядерному разоружению, Осло (26-27 февраля 2008 г.), доступно по адресу: http://www.ctbto.org/fileadmin/user_upload/pdf/External_Reports/paper-einhorn.pdf

9. См.: Albert Wohlstetter: “Nuclear Triggers and Safety Catches”, в: Nuclear Heuristics: Selected Writings of Albert and Roberta Wohlstetter, изд. Роберт Западе и Генри Сокольски (Carlisle, PA: US Army War College Strategic Studies Institute, 2009).

сколько уранового топлива Индия импортирует, сколько топлива ей требуется для работы реакторов, сколько урана производится внутри страны, в какой мере растут запасы плутония, не контролируемого МАГАТЭ, при прямой или косвенной поддержке стран, имеющих атомное оружие и подписавших ДНЯО¹⁰.

Если же неконтролируемые запасы плутония Индии будут ежегодно расти быстрее, чем до подписания договора о сотрудничестве в атомной области 2008 года, и если обнаружится связь с импортом урана из стран-участниц ДНЯО, то этим странам должны быть предъявлены обвинения в нарушении параграфа 1 Договора. Для пресечения подобных действий или хотя бы уменьшения ущерба от них США должны предостеречь все страны, поставляющие в Индию ядерное топливо, и потребовать прекратить любое сотрудничество в области мирного атома до тех пор, пока не уменьшится индийское неконтролируемое производство ядерных материалов, пригодных для создания ядерного оружия. В то же время необходимо попытаться остановить наращивание ядерного потенциала Пакистана.

При этом мы сталкиваемся с необходимостью поддержания относительного равенства сил конкурирующих ядерных стран с помощью неядерной военной помощи и вооружений; атомные вооружения необходимо замещать обычными видами вооружений таким образом, чтобы ни у одной из сторон не было интереса к приобретению ядерного оружия. К сожалению, чтобы добиться этого, будет недостаточно просто заменить ядерные вооружения на модернизированные неядерные системы.

Рассмотрим оружие большого радиуса действия и точного наведения, а также современные системы управления, контроля и обнаружения, на примере Индии и Пакистана. Пакистан считает, что должен угрожать Индии превентивным ядерным ударом, чтобы нивелировать превосходство Индии в обычных видах вооружений. Системы оружия высокой точности могут быть нацелены и на атомные вооружения Пакистана. Если Индия получит такое оружие, то вполне вероятно, что Пакистан активизирует свою ядерную программу и посчитает необходимым приобретение дополнительных ядерных вооружений, чтобы исключить возможность того, что Индия сможет уничтожить атомные вооружения

10. См. Henry J. Hyde United States-India Peaceful Atomic Energy Cooperation Act 2006, Implementation and Compliance Report, доступно по адресу: http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=109_cong_bills&docid=f:h5682enr.txt.pdf

Пакистана точными ударами обычного оружия. Экспорт неверно выбранного вида современных неядерных вооружений в Индию или поддержка страны в приобретении большого числа таких вооружений привели бы к результату, обратному ожидаемому, если учесть ядерные планы Пакистана.

С баллистическими системами противоракетной обороны тоже не всё так просто. В определённых условиях наличие такой системы может служить неядерной формой устрашения, которая вынудила бы уменьшить количество ядерных вооружений. Вместо того, чтобы нацеливать на ракеты вероятного противника атомные или неатомные наступательные вооружения, можно уничтожить их сразу после старта с помощью системы активной противоракетной обороны. Системы ПРО могут служить гарантией того, что договоры о сокращении баллистических ракет, способных нести ядерные заряды, не будут откладываться в долгий ящик. Но как уже упоминалось, одной только установки таких систем недостаточно для получения всех её преимуществ. Обратимся вновь к примеру Индии и Пакистана: Пакистан настаивает на том, что в серьёзном военном конфликте с Индией ему придётся первому применить ядерное оружие, а Индия надеется с помощью своих обычных вооружений за короткий период оккупировать такую часть территории Пакистана, что Исламабад будет вынужден просить о мире. Индия также начала разработку своей системы ПРО для борьбы с пакистанскими и китайскими ракетами. В такой ситуации равное число систем ПРО только увеличило бы военное превосходство Дели над Исламабадом в области неядерных вооружений. Это увеличивает риск того, что Пакистан продолжит наращивание своей ядерной мощи. Единственная возможность избежать этого и реализовать преимущества систем ПРО для обеих стран – устранение асимметрии в обычных вооружениях.

Поэтому региональные эксперты по безопасности уже давно выступают за то, чтобы по обеим сторонам индийско-пакистанской границы были созданы три стратегических плацдарма для обычных вооружённых сил, потому что это позволило бы обеим странам проводить „быстрые“ атаки друг против друга с применением обычных вооружений. Ключевой момент этих предложений: обе стороны должны уничтожить имеющиеся баллистические ракеты малой дальности, потому что их использование может по ошибке спровоцировать атомную войну. Такие меры по

созданию доверия могут поспособствовать уменьшению опасений, связанных с размещением современных неядерных систем высокой точности¹¹.

В других регионах необходимы, вероятно, другие меры. Китай увеличивает своё превосходство над Тайванем в области ядерных и обычных ракет и свои возможности по поражению групп американских авианосцев новейшими обычными баллистическими ракетами, поэтому США и их союзникам в Тихоокеанском регионе следует опасаться того, что Китай сможет преодолеть создаваемую ими систему ПРО. Китай и сам разрабатывает баллистические системы ПРО для ответа на возможные атаки американских атомных и обычных межконтинентальных ракет. Китайцы думают также над тем, что они смогут противопоставить российским баллистическим наступательным ракетам. С учётом всех этих опасений, дипломатические усилия должны быть направлены на введение ограничений на баллистические наступательные ракеты в Азии; это должно гарантировать, что их будет невозможно быстро нейтрализовать, независимо от размещённых систем ПРО.

Для такого решения есть много образцов. Один из них – договор СНВ, ограничивающий средства доставки стратегических баллистических ракет России и США. Ещё один пример – вашингтонский договор (INF) по ядерным системам средней дальности, касающийся ракет России и НАТО с дальностью действия от 500 до 5500 километров. Упомянем и такой пример, как режим контроля над ракетными технологиями (MTCR), ограничивающий торговлю ракетами, способными перемещать грузы весом более 500 килограммов на расстояние более 300 километров.

Трудность во введении таких дополнительных ограничений на баллистические ракеты состоит в том, что эти ограничения должны быть достаточно жёсткими для того, чтобы действительно уменьшилась потребность в атомных боеголовках. Например, было бы неразумно уничтожать баллистические ракеты дальностью действия более 500 километров и при этом допускать размещение ракетных систем с немного меньшей дальностью.

В этой связи имеется ещё одна проблема: если вводятся ограничения на баллистические наступательные ракеты, то параллельно должны

11. По этим пунктам см.: Peter Lavoy: “Islamabad’s Nuclear Posture: Its Premises and Implementation”, в: Pakistan’s Nuclear Future: Worries beyond War, изд. Henry Sokolski (Carlisle, PA: Strategic Studies Institute, 2008), стр. 129-166; см. также: General Feroz Khan: “Reducing the Risk of Nuclear War in South Asia”, 15 сентября 2008 г., доступно по адресу: <http://www.npec-web.org/Essays/20090813-khan%20final.pdf>

ограничиваться системы противоракетной обороны, оснащённые баллистическими ракетами – следует убедиться, что не происходит распространения баллистических ракет и аналогичных технологий вместе с распространением ПРО. Можно запретить экспорт систем ПРО с баллистическими ракетами, попадающими в первую категорию ракетных ограничений по договору МТРС (ракеты, способные перемещать груз в 500 килограммов на расстояние свыше 300 километров). Можно с помощью договоров побуждать государства к тому, чтобы вместо ПРО с большими баллистическими ракетами они использовали альтернативные системы (например, беспилотные космические системы).

Во-вторых: сокращение существующих ядерных вооружений и соответствующих средств доставки нужно сильнее привязать к запрету на распространение ядерного оружия.

В настоящее время связь между сокращением ядерных вооружений и запретом на распространение носит скорее символический характер. Поскольку США и Россия сокращают свои арсеналы, то предполагается, что и другие ядерные государства должны так делать и тем самым побуждать неядерные страны усиливать контроль за гражданским использованием ядерной энергии [12]¹². Даже если не учитывать проблемные случаи в лице Ирана и КНДР, то можно отметить, что в этой аргументации не учитываются многие важные технические тенденции и используются сомнительные политические гипотезы.

Во-первых: после того, как МАГАТЭ не удалось обнаружить секретные атомные программы в Ираке, Иране, Сирии и КНДР, нет уверенности и в том, что в будущем это удастся с помощью „усиленных“ международных инспекций. Особенно в том случае, если в таких регионах, как Ближний Восток, будут начаты многочисленные гражданские атомные программы.

Кроме того, помимо США также Израиль, Япония, НАТО, Индия, Россия и Китай предполагают размещение систем ПРО с баллистическими ракетами – каждая страна по своим причинам. Позиция США и их союзников к преодолению стратегических угроз с помощью ядерного оружия ничего не говорит о том, как следует относиться к этим программам – поддерживать, ограничивать, и если да, то как. Кроме переговоров о сокращении стратегических вооружений с Россией не было крупных дискуссий о том, как следует реагировать на разработку баллистических ракет (атомных и обычных) в других странах.

12. См., например: Gareth Evans и Yoriko Kawaguchi, *Eliminating Nuclear Threats: A Practical Agenda for Global Policymakers* (Canberra, Australia: International Commission on Nuclear Non-proliferation and Disarmament, 2010), стр. 3-36.

К этому добавляются политические вопросы. Насколько вероятно то, что Россия согласится на дальнейшее сокращение своих атомных вооружений, выходящее за рамки последнего договора по СНВ? Будет ли подписан ещё один договор по СНВ, который сократит число стратегических боеголовок до 1000? Пойдёт ли Россия на ограничение своих нестратегических атомных вооружений? Что может побудить Москву к таким сокращениям? Потребуется ли Россия, чтобы США и НАТО отказались от своих планов по обычным оборонным системам и ПРО? И, наконец: когда эти соглашения будут достигнуты, если они вообще будут достигнуты? Успех политики США и ЕС в области контроля над вооружениями и нераспространения зависит от того, насколько благоприятными для США окажутся ответы на эти вопросы.

Как же обстоят дела с реализацией контроля над вооружениями и нераспространением? Если развитие атомных технологий, используемых для изготовления ядерного оружия, не связано с новыми штрафами или опасностями, то какова вероятность того, что удастся удержать новые государства от обладания таким оружием? На Ближнем и Среднем Востоке внимательно наблюдают за тем, как США и их союзники накажут Иран за нарушение Договора о нераспространении ядерного оружия и накажут ли вообще. Большинство государств региона делают беспроигрышную ставку в реализации своих ядерных амбиций, разрабатывая „мирные“ атомные программы. Похожая динамика наблюдается и на Дальнем Востоке с военной ядерной программой КНДР.

Кроме этих двух случаев, общую озабоченность вызывает слабый прогресс в реализации политики нераспространения. Что делается для предотвращения нарушений ДНЯО?

Из этих многочисленных вопросов вытекает необходимость дополнения существующих механизмов контроля над вооружениями, поддерживаемых США и Европейским Союзом новыми механизмами контроля и нераспространения. Существующие меры могут привести к успеху, могут закончиться неудачей - но почему бы не дополнить их прямыми и всё более жёсткими ограничениями?

Попытки ограничить существующие ядерные арсеналы были разумно связаны с запретом на распространение ядерного оружия; оба направления необходимо соединить с усилиями по сокращению и ограничению числа баллистических ракет, способных нести ядерные боеголовки. В этом направлении можно предпринять множество инициатив. Вместо того, чтобы ждать, пока Иран, Пакистан, Индия, КНДР и Египет ратифицируют договор о запрете ядерных испытаний, можно с помощью содержащегося в ДНЯО запрета на ядерные

испытания достигнуть единой позиции среди стран ядерных поставщиков о прекращении торговли со всеми неядерными странами, подписавшими ДНЯО и производящими ядерные испытания. Если будет достигнута договорённость по этому вопросу, то можно будет заключить новый договор, в котором такие торговые ограничения будут распространяться и на ядерные страны.

Кроме того, почему не заняться развитием инициативы по контролю за расщепляющимися материалами, которая затронет как ядерные, так и неядерные страны, при параллельной работе по договору о сокращении расщепляющихся материалов, который затрагивает только ядерные страны?

Государства, нарушающие договор о нераспространении ядерного оружия, игнорирующие обязательства перед МАГАТЭ, вышедшие из ДНЯО и продолжающие нарушать его, в настоящее время могут беспрепятственно получить ракетные технологии, а также получать дальнейшую поддержку от государств, разрабатывающих такие технологии. Почему у них не отберут эту возможность, запретив экспорт в такие страны товаров, подпадающих под режим контроля над ракетными технологиями?

Таким странам, как КНДР, нарушающим законы о нераспространении ядерного оружия, в настоящее время позволено испытывать на своей территории ракеты, способные нести ядерные боеголовки. В соответствии с международным правом такие испытания сейчас совершенно законны. Но разработка ракет и связанные с ней испытания неизбежно приводят к дестабилизации. Может быть, как и в ситуации с пиратством, стоит ввести международный закон, по которому такие государства, как США, Россия, Израиль, вскоре Япония и Китай, будут обладать формальным правом сбивать ракеты, как незаконные летательные аппараты в международном воздушном пространстве? Если существуют другие ограничения на размещение баллистических ракет (например, в форме всемирного договора INF), то не было бы разумно отказать странам, нарушающим эти соглашения, в поставках любых летательных аппаратов и ядерных материалов, и не должны ли эти страны подчиняться аналогичным ограничениям в сфере ракетных испытаний?

Всё больше стран будут получать ядерное оружие, пока инспекции рассматриваются, как единственный способ борьбы с его распространением несмотря на то, что многочисленные примеры показали неэффективность инспекций. Для улучшения ситуации необходимо ввести третий принцип.

В-третьих, международные инспекторы должны намного чётче различать ситуации, когда они наверняка могут воспрепятствовать злоупотреблению ядерными технологиями и ядерными материалами, и те ситуации, когда это невозможно.

В договоре о нераспространении ядерного оружия однозначно утверждается, что любые технологии и материалы для мирного использования атомной энергии подчиняются требованиям по безопасности, то есть должны контролироваться таким образом, чтобы надёжно предотвратить использование этих материалов для создания ядерного оружия. Правда, большинство стран-участниц полагают, что выполняют это условие уже благодаря тому, что декларируют свои запасы и впускают международных инспекторов.

Это опасное недоразумение. В результате неудачных инспекций в Ираке, Иране, Сирии и КНДР мы знаем, что МАГАТЭ не может надёжно и своевременно обнаружить секретные программы, чтобы международное сообщество смогло вовремя вмешаться и предотвратить создание атомных бомб. Теперь нам известно, что на атомных объектах, на которых официально производилось ядерное топливо, инспекторы за год не замечали такое количество оружейного плутония и урана, которого хватило бы на создание нескольких бомб. В разговорах с глазу на глаз офицеры МАГАТЭ признают, что организация может гарантировать постоянные инспекции отработавших и новых топливных стержней только на половине всех объектов, находящихся под наблюдением. Мы знаем, что из задекларированного плутония и обогащённого урана можно делать бомбы, а производственные установки можно быстро перепрофилировать – иногда за несколько часов или дней, так что ни один инспектор в мире не сможет вовремя сообщить о создании бомбы. Любая контрольная мера, заслуживающая своего названия, должна обеспечивать возможность для международного сообщества вовремя вмешаться для того, чтобы предотвратить создание бомбы. Всё остальное – не более чем мониторинг, позволяющий в лучшем случае с опозданием констатировать, что какие-то материалы были использованы в военных целях.

С учётом вышесказанного было бы полезно, если бы МАГАТЭ признало, что не может предохранить от военного применения всё, что оно контролирует. Это привело бы нас к постановке центрального вопроса: разумно ли вообще производить и накапливать плутоний, высокообогащённый уран, реакторное топливо на основе плутония и верить, что эти материалы и технологии можно надёжно контролировать? В любом случае, признание со стороны МАГАТЭ указывало бы на то,

что необходимо остановить получение неядерными странами ядерных материалов и технологий (больше того количества, которое они уже имеют). Эти вопросы достаточно важны для того, чтобы ставить их до, во время и после контрольной конференции по ДНЯО в мае 2010 года.

При этом США и их единомышленники могут независимо друг от друга рассудить, сможет ли МАГАТЭ выполнить поставленные перед ним задачи по контролю или нет, при каких условиях этих целей можно достичь и, наконец, правильно ли сформулированы эти цели.

В-четвёртых: для того, чтобы обеспечить получение безопасных и экономически конкурентоспособных форм экологически чистой энергии, требуется тщательнее сравнить общие затраты и отменить субсидии для атомной энергетики.

Сторонники атомной энергии настаивают на её дальнейшем использовании для того, чтобы замедлить глобальное потепление. При этом они замалчивают или полностью игнорируют опасность распространения ядерного оружия, связанную с распространением этой технологии. Как бы то ни было, едва ли удастся полностью остановить использование атомной энергии. Но с учётом опасностей, связанных с ней, не следует оказывать этой форме энергии финансовую поддержку или побуждать правительства других стран к её использованию¹³.

Когда государство оказывает финансовую поддержку строительству коммерческих АЭС и сопутствующих объектов, это затрудняет сравнение данной формы энергии с альтернативными источниками. Подобные субсидии не только скрывают истинный размер затрат на атомную энергетику, но и вредят развитию более разумных технологий, не получающих такой поддержки. Это вызывает тревогу.

Но есть много возможностей помешать этому. Первая заключается в том, чтобы вынудить максимальное число правительств объявлять международные тендеры на строительство всех крупных объектов энергообеспечения. Во многих странах это уже происходит. Проблема заключается в том, что решая строить именно АЭС, правительства ограничивают конкуренцию, ведь в тендере могут принять участие только компании из атомной промышленности. Разумнее было бы расширить

13. См., например: Peter Tynan и John Stephenson: "Nuclear Power in Saudi Arabia, Egypt, and Turkey – how cost effective?" 9 февраля 2009 г., доступно по адресу: <http://www.npec-web.org/Frameset.asp?PageType=Single&PDFFile=Dalberg-Middle%20East-carbon&PDFFolder=Essays>; Frank von Hippel: "Why Reprocessing Persists in Some Countries and Not in Others: The Costs and Benefits of Reprocessing", 9 апреля 2009 г., доступно по адресу: <http://www.npec-web.org/Frameset.asp?PageType=Single&PDFFile=vonhippel%20%20TheCostsandBenefits&PDFFolder=Essays>; Doug Koplow: "Nuclear Power as Taxpayer Patronage: A Case Study of Subsidies to Calvert Cliffs Unit 3", доступно по адресу: <http://www.npec-web.org/Frameset.asp?PageType=Single&PDFFile=Koplow%20-%20CalvertCliffs3&PDFFolder=Essays>

конкуренцию, включив другие виды энергетики, объявляя тендеры на возведение крупного энергетического объекта (не уточняя какого вида), что позволило бы сравнивать разные варианты и выбирать лучший источник энергии по критериям экологичности и рентабельности. Необходимо на международном уровне запретить подобные ограничения условий проведения конкурсов.

Высокоразвитые страны вроде США утверждают, что они поддерживают принципы Энергетической хартии, а также Глобальной хартии о развитии устойчивой энергетики. Целью этих международных соглашений является открытие всеми странами своих энергетических секторов для международной конкуренции. В результате должны учитываться все формы энергии, а все субсидии и внешние эффекты, связанные с каждым из вариантов, должны включаться в расчёты и отражаться на сумме конкурсного предложения. Если США и другие государства всерьёз стремятся к быстрому и выгодному снижению выбросов углекислого газа, то они должны приложить все силы к соблюдению этих правил.

Здесь можно сослаться на принципы вышеупомянутого соглашения и надеяться на их реализацию, потому что они преследуют те же цели, что и соглашения, заключённые в Киото и Копенгагене. Кроме того, все страны, делающие выбор в пользу строительства АЭС несмотря на наличие более дешёвых неядерных альтернатив, должны быть осуждены контрольным органом, следящим за соблюдением правил конкуренции, вроде Всемирной торговой организации (ВТО); ВТО могла бы взять на себя ответственность за контроль над сделками, связанными с крупными международными энергетическими проектами. Такие нерентабельные проекты, как, например, некоторые АЭС, запланированные на Ближнем Востоке, должны сразу отправляться в МАГАТЭ для тщательной проверки того, какие цели там в действительности преследуются¹⁴.

В дополнение к этому промышленно развитые страны могли бы сотрудничать со странами третьего мира в области развития неядерных альтернатив, чтобы удовлетворить потребности этих стран в энергии с учётом экологических требований.

ООН реализует проект развития возобновляемых источников энергии, направленный на помощь странам третьего мира. США и другие страны могли бы поддержать эту и другие инициативы, не ожидая заключения конкретных международных соглашений.

14. Больше информации на эту тему см.: Henry Sokolski, "Market Fortified Non-proliferation", в: *Breaking the Nuclear Impasse* (New York, NY: The Century Foundation, 2007), стр. 81-143, доступно по адресу: <http://nationalecurity.oversight.house.gov/documents/20070627150329.pdf>. Больше информации об участниках, принципах инвестиций и торговли в Энергетической хартии и Глобальной хартии по развитию устойчивой энергетики см.: <http://www.encharter.org>, а также <http://www.cmdc.net/echarter.html>

Заключение

В связи с растущей озабоченностью многих государств вопросом своего энергообеспечения и снижением выбросов CO_2 , многие планируют сделать ставку на развитие атомной энергетики. В США, Франции, России, Китае, Японии, Южной Корее, Индии, Пакистане, Бразилии и в целом ряде развивающихся стран Ближнего Востока и Азии существуют планы экспорта или приобретения атомных реакторов при поддержке государства.

Однако при этом мало внимания уделялось вопросу о том, как увеличить число реакторов, не распространяя по миру технологии для производства ядерного оружия. С технической точки зрения, устройства, необходимые для того, чтобы с помощью энергии атома вскипятить воду, практически идентичны тем, которые требуются для производства плутония и атомных бомб.

Практически невозможно обучить сотни инженеров и техников, требующихся для реализации гражданской ядерной программы, исключив риск того, что они узнают, как сделать топливо с помощью переработки отработавшего ядерного топлива. Невозможно проверить выполнение обещаний государств, что они не будут изготавливать ядерное топливо. В прошлом МАГАТЭ не удавалось обнаруживать секретные установки по производству ядерного топлива, кроме того, МАГАТЭ часто сталкивалось с сокрытием выделенного плутония и обогащённого урана в количествах, достаточных для нескольких бомб, причём это обнаруживалось со значительным опозданием. Ни в одной из предложенных процедур инспектирования МАГАТЭ (в том числе в дополнительном протоколе) этим проблемам не уделяется достаточно внимания. Пока не существует железной уверенности в том, что данное государство не создает атомные бомбы, приходится мириться с риском распространения ядерного оружия, если это государство получает все средства для реализации обширной атомной программы.

Если бы у государств не было иного выбора, кроме строительства больших атомных реакторов для того, чтобы удовлетворить свои потребности в энергии, идти в ногу с техническим прогрессом и снизить выбросы углекислого газа, то можно было бы смириться с этим риском. Тогда всё большее число государств становились бы ядерными державами – и мир попадал бы во всё более запутанную ситуацию вместо освобождения от ядерного оружия и снижения опасности от гражданского использования атомной энергии. К счастью, кроме пропагандируемых сегодня вариантов существуют и более

достойные, чистые и экономически конкурентоспособные способы получения энергии, в которых не участвует атомная промышленность; существуют также способы снизить атомную угрозу, которые позволяют надеяться на выход из дилеммы гражданского и военного использования атомной энергии. Недавно разведанные запасы природного газа позволяют использовать это чистое и дешёвое топливо в качестве „моста“ к более сложным и дорогим альтернативным источникам энергии. Однако стоимость этих неядерных альтернатив снижается. Кроме того, меры по энергоэффективности, новые возможности накопления электроэнергии и новые виды распределительных систем обещают значительную экономию энергии при росте ВВП.

Основная задача заключается в том, чтобы неядерные источники энергии могли бы свободно конкурировать с атомной энергией на конкурсах в рамках крупных энергетических проектов. Следует побуждать государства к тому, чтобы они объявляли не конкурсы на строительство АЭС или программу сокращения углеродных выбросов, а конкурсы на поставку определённых количеств электроэнергии с соблюдением определённых экологических требований. Победителем должно признаваться предложение, отвечающее указанным требованиям на самых выгодных условиях (всегда должны учитываться и субсидии, а также отчисления за выбросы CO₂).

Страны, для которых особенно важно преодоление ядерной угрозы, должны дополнять своё стремление к заключению всеобъемлющего международного договора практическими действиями, к которым можно приступать уже сегодня (пройдут годы, пока договор станет реальностью, если вообще станет): необходимо поддерживать страны в деле сокращения производства оружейных ядерных материалов для гражданских и военных нужд; кроме того, они должны задекларировать собственные излишки ядерных материалов, превышающие их военные и гражданские потребности; затем они должны уничтожить эти материалы или хотя бы затруднить доступ к ним. Кроме того, должны быть обеспечены поставки ядерного топлива для гражданских нужд в страны, которые, как Индия, не подписали ДНЯО, если таким образом можно предотвратить гонку ядерных вооружений между государствами.

Страны, поставляющие ядерное топливо, нужно призвать к большей откровенности в связи с недостатками системы контроля МАГАТЭ, эти страны должны помочь выяснить, какие моменты обычно остаются скрытыми от глаз инспекторов.

И, наконец, необходимо уделять больше внимания размещению

неядерных систем вооружений, чтобы уменьшить заинтересованность государств в приобретении атомного оружия. В этой связи следует больше делать для ограничения количества баллистических ракет, способных нести ядерные боеголовки.

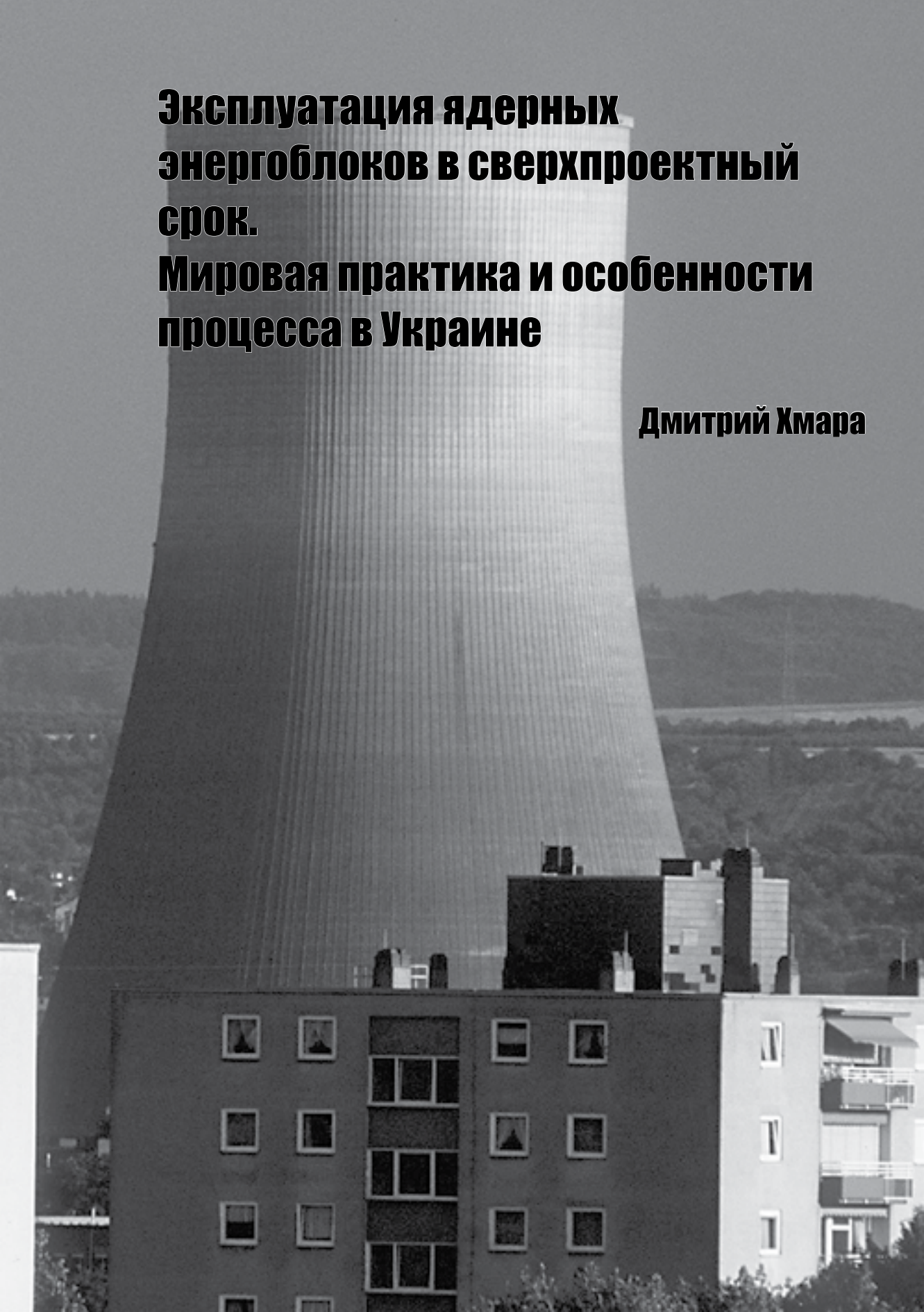
Преимущество этих рекомендаций в том, что их реализация может начаться немедленно. Но для их реализации нет жёстких сроков. Атомная проблема подобна всем остальным проблемам: важнее всего начать.



**Эксплуатация ядерных
энергоблоков в сверхпроектный
срок.**

**Мировая практика и особенности
процесса в Украине**

Дмитрий Хмара



Атомная отрасль в Украине

Украина получила в наследство от Советского Союза достаточно развитую ядерную энергетику, которая, однако, производит лишь 6% от общего объема энергии, потребляемой страной. При этом на поддержку атомной отрасли государство тратит значительные средства из государственного бюджета, а также в рамках международной помощи. Главный фокус на атомную энергетику со стороны всех правительств независимой Украины привел к упадку других отраслей энергетики, а также к катастрофической ситуации в сфере энергоэффективности.

Другой проблемой ядерной отрасли является накопление нерешенных проблем, таких как отработавшее ядерное топливо и радиоактивные отходы, на обезвреживание которых сегодня не выделяется достаточно ресурсов, что позволяет чиновникам говорить о „дешевой электроэнергии атомных электростанций“. Чем дольше работает атомная энергетика, тем больше издержек нужно будет понести в будущем украинским налогоплательщикам.

1.1 Атомные электростанции в Украине

На сегодня в Украине работают четыре атомные электростанции (АЭС) — Запорожская, Ровенская, Южноукраинская и Хмельницкая, на которых эксплуатируются пятнадцать ядерных энергоблоков, из них тринадцать — с реакторной установкой типа ВВЭР-1000, а два — ВВЭР-440.

Выбор площадок для размещения АЭС на территории современной Украины во времена СССР был сделан не очень удачно для нашей страны, поэтому на действующих АЭС постоянно возникают нетехнические проблемы, связанные с нехваткой природных ресурсов для запроектированного режима работы ядерных реакторов.

1.2. Чернобыльская АЭС

Самая крупная за всю историю человечества техногенная авария произошла на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в 1986 году. Но выработка электроэнергии на ней прекратилась лишь к концу 2000 года. Преодоление последствий Чернобыльской катастрофы легло тяжелым бременем на бюджет Украины. Также Украина получила сотни миллионов долларов помощи от других стран.

Строительство объектов, необходимых для вывода ЧАЭС из эксплуатации, оказалось сложнее и дороже, чем ожидалось. Напри-

мер, строительство хранилища для ядерного топлива с 1–3 блоков ЧАЭС уже должно быть закончено. Но проект приходится начинать сначала через несостоятельность французской компании Арева (AREVA) построить хранилище. Американская Холтек (Holtec International), которая взялась за строительство этого хранилища, планирует вдвое увеличить его стоимость. Сегодня компания, которая зарабатывала на эксплуатации ЧАЭС, не платит ничего для ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы – станция была переведена на баланс Министерства Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций (МЧС) и большинство мероприятий финансируются из государственного бюджета или за счет международной помощи.

1.3. Обращение с отработавшим ядерным топливом

Украинские АЭС ежегодно производят приблизительно 150 тонн отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Представители ядерной индустрии утверждают, что ОЯТ – это потенциально важный ресурс для работы реакторов нового поколения. Разговоры об этом ведутся уже несколько десятилетий, однако реактор нового типа, где промышленно можно „сжигать“ ОЯТ, даже не начали строить в мире.

ОЯТ от ядерных энергоблоков типа ВВЭР-440 (1-й и 2-й блоки Ровенской АЭС) вывозятся на предприятие „Маяк“ (Челябинская область, Россия). ОЯТ со всех других АЭС, согласно контрактам с российской стороной, должны отправляться на Горно-химический комбинат в г. Железнодорожск (Россия), где оно будет перерабатываться. Но завод для переработки топлива до сих пор не начали строить, поэтому топливо с реакторов ВВЭР-1000 со стран всего бывшего социалистического лагеря свозится в специальное хранилище при данном предприятии, которое уже практически заполнено. В связи с этим Россия с 1993 года отказалась принимать топливо с самой большой в Европе АЭС – Запорожской. В итоге Украина была вынуждена ускоренными темпами строить возле Запорожской АЭС собственное хранилище для ОЯТ, которое начало действовать в 2001 г. Правительство приняло решение относительно строительства Централизованного хранилища для ОЯТ (ЦХОЯТ) с Хмельницкой, Ровенской и Южноукраинской АЭС на территории Чернобыльской Зоны, однако его строительство задерживается. Главной проблемой ЦХОЯТ является то, что в будущем это существенно увеличит расходы на решение проблемы ОЯТ. Общественность волнуется и тот факт, что, когда АЭС будут остановлены, финансирование ЦХОЯТ будет переложено на налогоплательщиков, как это произошло с Чернобыльской АЭС.

1.4. Высоковольтные линии электропередач

Развитие централизованного производства электроэнергии, преимущественно за счет строительства АЭС, в Украине привел к необходимости строительства значительного количества мощных линий электропередач (ЛЭП) от производителей электроэнергии к потребителям. Однако реального роста энергопотребления внутри страны не наблюдается, потому украинские энергетики также работают над строительством ЛЭП для экспорта электроэнергии за границу. Сооружение высоковольтных линий электропередач требует отведения значительных площадей земельных участков – это вызывает социальное напряжение в областях, где прокладываются ЛЭП. Примером такой ситуации могут послужить события вокруг проекта линии электропередач „Аджалык-Усатово“, где государственная компания „Укрэнерго“ протягивает высоковольтную линию над домами и огородами жителей села Усатово. Когда местное население пыталось отстоять свои права, к противостоянию приобщились свыше 400 стражей порядка, ставшие на сторону энергетиков.

Другой пример – это проект сооружения линии электропередач 750 кВт „Запорожская АЭС – подстанция „Каховская“, который предусматривает прохождение ЛЭП через ряд уникальных объектов заповедного фонда.

Кроме социальных проблем, строительство опор под ЛЭП и протягивание кабелей оказывают негативное воздействие на местные экосистемы.

1.5. Планы правительства

Развитие энергетической отрасли должно происходить согласно документу „Энергетическая стратегия Украины до 2030 года“, в котором главный фокус направлен на развитие ядерной энергетики и угольной отрасли. Что касается атомной энергетики, то предлагается продолжение срока эксплуатации 13 существующих ядерных энергоблоков и строительство 22 новых, а также создание завода по фабрикации ядерного топлива. В данный момент планируется строительство 3-го и 4-го блоков на Хмельницкой АЭС. Несмотря на все заявления чиновников о готовности этих блоков на 75% и 28% соответственно¹, представители атомной отрасли все-таки признали, что на самом деле ничего, кроме старого фундамента, реально не готово, а

1. http://www.energoatom.kiev.ua/ua/nuclear_plants/npp_khmelnyska/info

строительство блока ХАЭС-3 мощностью 1000 МВт обойдется как минимум в 3,7 млрд долларов².

В „Энергетической стратегии Украины до 2030 года“ заложен избыточный рост потребления энергии в стране, потому в настоящий момент значительные бюджетные средства вкладываются в наращивание энергетических мощностей для удовлетворения несуществующего спроса, а не в модернизацию энергетики. Согласно Стратегии по уровню энергоэффективности Украина в 2030 году едва достигнет показателя Польши образца 2005 года.

Альтернативные источники энергии являются приоритетом во многих странах, как развитых, так и тех, которые стремительно развиваются. Именно исходя из необходимости энергетической безопасности в Европейском Союзе принято решение о том, что в 2020 году возобновляемой должно быть по меньшей мере 20% энергии. В Украине планируется лишь 6% до 2030 года. Украина имеет свои технологии, своих производителей и интеграторов современных энергетических систем, но у нас развитие альтернативных источников наталкивается на административные преграды и монополию поставщиков традиционных источников энергии. Таким образом, производители современных видов энергии работают исключительно на экспорт.

„Энергетическая стратегия Украины до 2030 года“ не отвечает мировым тенденциям. Она создает обманчивый комфорт и откладывает необходимость реальных шагов по реформированию энергетического сектора, ставя под угрозу энергетическую независимость страны. Об этом уже неоднократно заявляли представители общественности, ученые, депутаты Верховной Рады и члены правительства, однако реальных шагов по ее пересмотру не предпринимается.

На реализацию амбициозных планов по перестройке ядерной отрасли нет достаточных средств в государственном бюджете, а частные финансовые учреждения через непрозрачность энергетического рынка Украины не планируют предоставлять кредиты. Более того, Национальная атомная энергогенерирующая компания „Энергоатом“, являющаяся оператором всех действующих АЭС Украины, не имеет средств даже на выведение из эксплуатации ядерных энергоблоков, проектный срок работы которых подошел к концу. Поэтому было принято решение о продлении эксплуатации ядерных реакторов еще на 15 лет. Такие планы несут существенные угрозы для населения страны: начиная с повышения вероятности аварии на старых АЭС и заканчивая финансовой нецелесообразностью таких меро-

2. http://www.energoatom.kiev.ua/ua/arch?_m=pubs&_t=rec&id=25923

приятый. Это исследование имеет своей целью показать проблемы эксплуатации реакторов АЭС в сроки, которые превышают проектные в полтора раза.

2. Продление работы старых АЭС в сверхпроектные сроки

Начиная с 2010 года почти ежегодно в Украине будет подходить к концу срок эксплуатации одного из ядерных энергоблоков. Решение об остановке или продлении работы первого блока Ровенской АЭС должно быть окончательно принято в декабре 2010 года.

Процесс вывода из эксплуатации ядерных энергоблоков нуждается в значительных финансовых ресурсах, которыми правительство Украины на сегодня не располагает³. Представители ядерной отрасли и Министерства топлива и энергетики Украины видят выход в продлении эксплуатации старых энергоблоков, чтобы АЭС имели возможность накопить средства на процесс остановки и вывода из эксплуатации⁴.

В настоящем документе мы попытаемся комплексно проанализировать основные вопросы, связанные с продлением эксплуатации старых энергоблоков. Также мы попробуем дать оценку планам украинских чиновников.

Надеемся, что данное исследование аргументировано докажет повышенную опасность эксплуатации старых энергоблоков в сверхпроектный срок. Учитывая украинские реалии, даже после продления работы ядерные блоки не заработают достаточно средств для обеспечения безопасного вывода АЭС из эксплуатации, когда она будет остановлена, а также для того, чтобы позаботиться обо всех наработанных АЭС опасных отходах.

В следующей таблице представлен график окончания срока эксплуатации блоков украинских АЭС⁵.

3. Б.Т. Тимофеев, А.О. Зотова, ЦНИИ КМ „Прометей“, Журнал „Атомная стратегия“, № 24, август 2006 г., Материаловедение, „Стойкая к радиации“

4. Комплексная программа работ по продлению срока эксплуатации энергоблоков АЭС, утверждена Кабинетом Министров Украины 29 апреля 2004 года № 263-р.

5. НАЭК “Энергоатом”, апрель 2009 года, http://energoatom.kiev.ua/ua/about_nngc/nngc

Таблица 2.1. Атомные энергоблоки в Украине.

Название АЭС	№ энергоблока	Тип реактора	Установленная электрическая мощность (млн кВт)	Начало строительства	Энергопуск реактора	Окончание проектного срока эксплуатации
Запорожская АЭС	1	ВВЭР-1000/320	1000	04.1980	10.12.1984	2014
	2	ВВЭР-1000/320	1000	04.1981	22.07.1985	2015
	3	ВВЭР-1000/320	1000	04.1982	10.12.1986	2016
	4	ВВЭР-1000/320	1000	01.1984	18.12.1987	2017
	5	ВВЭР-1000/320	1000	07.1985	14.08.1989	2019
	6	ВВЭР-1000/320	1000	06.1986	19.10.1995	2025
Южноукраинская АЭС	1	ВВЭР-1000/302	1000	03.1977	31.12.1982	2012
	2	ВВЭР-1000/338	1000	10.1979	06.01.1985	2015
	3	ВВЭР-1000/320	1000	02.1985	20.09.1989	2019
Ровенская АЭС	1	ВВЭР-440/213	420	08.1976	22.12.1980	2010
	2	ВВЭР-440/213	415	10.1977	22.12.1981	2011
	3	ВВЭР-1000/320	1000	02.1981	21.12.1986	2016
	4	ВВЭР-1000/320	1000	1984	16.10.2004	2034
Хмельницкая АЭС	1	ВВЭР-1000/320	1000	11.1981	22.12.1987	2017
	2	ВВЭР-1000/320	1000	1983	08.08.2004	2034

Похожая ситуация сложилась и в мировой атомной энергетике, где в течение 2010–2020 гг. приблизительно 80% энергоблоков АЭС, которые действуют в мире, исчерпают проектный срок эксплуатации. По окончании этого срока должно быть принято решение или о выведении энергоблока из эксплуатации, или о продлении его работы после необходимых проверок и модернизации.

2.1. Суть процесса продления эксплуатации ядерных энергоблоков

Процесс продления эксплуатации старых энергоблоков является сложной нетривиальной задачей, требующую значительных финансовых, научных и технических ресурсов. Эти мероприятия можно разделить на несколько основных направлений: обоснование продления эксплуатации, законодательное обеспечение процесса, проведение анализа состояния энергоблоков, планирование и выполнение технических работ.

Существуют разные оценки относительно того, насколько Украина в состоянии осуществить все эти мероприятия. Далее мы попытаемся проанализировать, реально и целесообразно ли для Украины реализовывать этот процесс.

В мире сложилась неоднозначная ситуация с продлением срока эксплуатации ядерных реакторов. Например, мощное ядерное государство Франция продлила работу лишь 2 ядерных блоков, а остановила – 11 блоков, срок работы которых подошел к концу. Германия продлила работу 6-ти старых блоков, остановила – 19. Италия остановила работу всех энергоблоков. Великобритания – 8 продлила, 26 закрыла. В США 54 энергоблока – продлено, 28 – остановлено.

По состоянию на июнь 2010 года в мире, от начала работы первых промышленных энергетических реакторов, было остановлено 129 реакторов. Ни один из реакторов не работал свыше 43 лет, притом что проектный срок эксплуатации многих реакторов составляет до 40 лет.

Это дает нам право утверждать, что не существует достаточного опыта эксплуатации старых реакторов. Тем более это относится к реакторам, которые работают в Украине⁶.

3. Эксплуатация АЭС в предусмотренных проектом условиях

Для понимания основных проблем, возникающих при эксплуатации старых ядерных энергоблоков в сроки, которые превышают проектные, необходимо для начала рассмотреть работу ядерных реакторов при обычных условиях.

6. Power Reactor Information System (PRIS), International Atomic Energy Agency, 2009

3.1. Ядерные энергетические реакторы

Атомный реактор – это устройство для получения управляемой атомной энергии. Существует несколько типов атомных реакторов, все они используют ядерную цепную реакцию распада. Распад ядер происходит в активной зоне реактора, в которой сосредоточено ядерное топливо, и сопровождается высвобождением значительного количества энергии. Первый реактор был пущен в США в 1942 году.

За весь период эксплуатации АЭС произошло несколько серьезных аварий, самая крупная в 1986 г. на атомной электростанции в Чернобыле (Чернобыльская катастрофа), где произошел взрыв, который вызвал пожар и радиоактивное заражение огромной территории.

Аварии на АЭС относятся к самым большим техногенным авариям в истории человечества. От них уже пострадали миллионы людей и тысячи квадратных километров на тысячи лет стали непригодными для пользования.

3.2. Общие сведения о реакторных установках украинских АЭС

В Украине для выработки электроэнергии на атомных электростанциях используют водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР). Западный аналог советского типа реакторов ВВЭР называют „реактором с водой под давлением“ – „pressurized water reactor“ (PWR). Этот тип реакторов является самым распространенным в странах бывшего социалистического лагеря. В настоящее время работает 53 реактора ВВЭР. Конструкция ВВЭР является очень привлекательной из-за условной дешевизны используемого теплоносителя-замедлителя (обычная вода). Среди главных недостатков – необходимость использования в этих реакторах обогащенного урана (количество урана-235 в процентном выражении за массой от 2% до 4,5%) в качестве топлива.

Сначала конструкция реакторов ВВЭР-PWR была разработана для подводных лодок военного образца. По сравнению с остальными реакторами данный тип имеет небольшие размеры и производит большое количество энергии. Вода в первом контуре имеет более высокую температуру и уровень давления, чем в реакторах других типов. Эти факторы могут ускорять коррозию деталей.

Первые реакторы ВВЭР дизайна 440-230 принято относить к поколению номер один. Они содержатся серьезные проектные изъяны, в результате чего страны, которые входят в Евросоюз, а также стра-

ны-члены Большой Восьмерки считают, что такие энергоблоки не отвечают принятым стандартам безопасности.

Все реакторы данного типа, которые функционируют в Центральной Европе, выведены из эксплуатации до 2010 года, однако в России такие реакторы продолжают функционировать. Энергоблоки типа ВВЭР первого поколения не оборудованы дополнительной системой защиты, которая должна защитить активную зону реактора от внешнего воздействия и предотвратить выход радиации в результате „внештатной ситуации“. Таким образом, существует большая вероятность значительных выбросов радиации из реакторов. Также особенное беспокойство вызывает отсутствие системы аварийного охлаждения активной зоны атомного реактора, что создает угрозу возникновения цепных реакций и теплового взрыва.

Кроме старых ВВЭР 440-230, в Украине также эксплуатируется второе поколение ВВЭР, тип 440-213. Такие реакторы, по утверждениям проектантов, имеют более эффективную аварийную систему охлаждения активной зоны. Однако и у них имеются существенные недостатки, в частности, не решена проблема защиты активной зоны от внешних повреждений.

В Украине работают 2 реактора 440-213, а также 13 блоков ВВЭР-1000. Эти реакторы имеют существенные недостатки в сравнении с аналогами, которые эксплуатируются в Западной Европе.

Третья модификация ВВЭР, тип 1000-320, была существенно изменена благодаря значительно увеличенной мощности (1000 МВт). Несмотря на это, ВВЭР-1000 не стали такими же безопасными, как их современные западные аналоги PWR.

Кроме этого, в Украине эксплуатируются 2 несерийных блока ВВЭР-1000/302 (1-й блок ЮУАЕС) и ВВЭР 1000/338 (2-й блок ЮУАЕС). Это одни из первых построенных ВВЭР-1000, являющиеся экспериментальными прототипами так называемой „малой серии“.

Как уже было сказано, сегодня в Европе ВВЭРы выводятся из эксплуатации. В Германии ВВЭР всех поколений были закрыты, а строительство новых остановлено. Также были закрыты старые блоки ВВЭР на АЭС Козлодуй (Болгария). Причинами для этого были как экономические недостатки, так и проблемы с точки зрения безопасности.

3.3. Проблемы при эксплуатации реакторов ВВЭР

Исходя из проектной конструкции, водо-водяные реакторы в принципе не могут быть достаточно безопасными, о чем свидетельствует нижеприведенный перечень причин аварийных ситуаций, которые,

как правило, происходят или возможные с большой вероятностью на реакторах, которые охлаждаются водой под давлением:

- потеря герметичности тепловыделяющих элементов приводит к тому, что продукты радиоактивного распада попадают в теплоноситель, при этом повышается радиоактивность первого контура;

- происходит значительное влияние ионизирующего излучения, в результате которого вода раскладывается на кислород и водород. При определенном соотношении эта смесь образует гремучий газ, и поэтому на АЭС, которые охлаждаются водой, всегда существует опасность химического взрыва (например, такой инцидент произошел на Калининской АЭС в 1990 г. и привел к разрушению внутри корпуса реактора);

- интенсивное парогенерирование в первом контуре и как следствие паровой взрыв; энергии при этом будет достаточно, чтобы сбросить крышку реактора или разрушить первый контур;

- трещины в конструкционных материалах стенок корпуса реактора и трубопроводов, развитие которых может привести к аварии;

- не достаточно надежное предотвращение осушения активной зоны при разрыве какого-либо элемента первого контура;

- проблема отказа систем аварийного охлаждения зоны по причине неоднократных перенесений сроков реализации мероприятий по замене теплоизоляции оборудования и трубопроводов, расположенных в гермообъеме, и/или по установлению защиты фильтров на входе насосов аварийного охлаждения активной зоны для АЭС с ВВЭР⁷.

Кроме проблем, связанных с конкретным типом реактора, еще есть общие проблемы, связанные с обеспечением безопасности на АЭС. Основными из них являются:

- проблема выработки ресурса оборудования систем, важных для безопасности, отсутствие утвержденных методик по управлению ресурсными характеристиками оборудования;

- снижение темпов модернизации объектов использования атомной энергии, увеличение количества мероприятий по повышению безопасности, сроки выполнения которых переносятся из года в год;

- недостаточный прогресс работ по обоснованию возможности продления срока службы блоков АЭС первого поколения⁸;

- проблема обращения с радиоактивными отходами, медленные темпы внедрения современных технологий их переработки;

- проблема обращения с отработавшим ядерным топливом, свя-

7. Постановление Коллегии Госатомрегулирования Украины № 10 от 10 июня 2005 года.

8. Постановление Коллегии Госатомрегулирования Украины № 7 от 24 апреля 2007 года.

занная с хранением и низкими темпами вывоза его с АЭС;

- превышение времени старения системы управления и защиты (СУЗ);
- разрывы мембраны предохранительного устройства;
- отказы насосов аварийного и планового расхолаживания;
- нарушение водно-химического режима;
- корпуса реакторов построены с учетом возможных террористических атак извне, однако совсем не учтенные возможные взрывы внутри защитной оболочки;
- недостаточная пожарная безопасность⁹.

В завершение стоит отметить, что состояние безопасности действующих ВВЭРов соответствует требованиям правил и норм безопасности, которые были заложены в период их создания и реализованы в последующих проектах, но на данный момент ни одна из станций не отвечает современным требованиям безопасности в полной мере, если сравнивать с европейскими АЭС.

4. Проблемы продления работы ядерных блоков в сверхпроектный срок

При эксплуатации реакторов больше 20 лет риск аварии с радиоактивными выбросами значительно увеличивается с каждым годом. Если для энергетических компаний продление срока службы реакторов является финансовой перспективой, то для населения из-за значительных рисков такое решение неприемлемо.

Следствием старения атомных станций является увеличение количества нарушений, таких как: незначительные выбросы, трещины и короткие замыкания. Это видно на практике тех проектов по продлению эксплуатации, которые реализованы в США, Европе и России. Рост количества нарушений происходит из-за постепенного снижения прочности материалов реакторов.

4.1. Технические аспекты

В техническом плане процесс продления работы ядерных реакторов сводится к следующим шагам: анализ состояния компонентов энергетической установки, планирование работ по замене или обработке компонентов реактора, проведение запланированных работ.

9. Inside WANO, Vol15 No1, 2005 - magazine of The World Association of Nuclear Operators (WANO)

4.1.1. Анализ состояния энергоблоков

Начало технических работ по продлению срока службы реакторов заключается в анализе и оценке технического состояния по результатам эксплуатационного контроля, включая оценку изменения свойств материалов за время проектного срока эксплуатации с прогнозом о сроке продления, об оценке прочности узлов с учетом эксплуатационных факторов и продолжения срока эксплуатации. На основании проведенных работ должен быть разработан комплект технических документов, которые определяют возможность продления срока службы.

Современная методика определения состояния элементов реактора не может дать 100% гарантию достоверности. Более того, существующие программы оценки состояния не всегда выполняются¹⁰. Это приводит к тому, что реальное состояние узлов реактора становится понятным лишь после его полной замены. Очень часто это происходит после выхода элемента из строя. То есть реальное состояние становится известно лишь после аварии, когда уже поздно проводить оценки.

Заявления представителей атомной энергетики относительно того, что оценки, которые делались во время проектирования АЭС, сегодня являются слишком „консервативными“, то есть ядерные энергоблоки находятся в более безопасном состоянии, чем предусматривалось, и могут работать больший срок, выглядят просто абсурдными. Те же представители атомной отрасли постоянно отчитываются о выполнении работ по повышению уровня безопасности АЭС, а также заявляют о намерениях относительно новых мероприятий для повышения ядерной безопасности. Зачем вкладывать средства в то, что и так является „безопаснее, чем планировалось“, становится непонятным.

4.1.2. Старение ядерных реакторов

Как и в любой промышленной установке, материалы, из которых состоит атомная станция, стареют и их свойства ухудшаются по мере эксплуатации станции в результате нагрузок, которым они поддаются. МАГАТЭ характеризует старение таким образом: непрерывная, зависящая от времени потеря качества материалами, вызванная режимом эксплуатации.

Обычно наибольший процент нарушений наблюдается сразу после пуска станции, когда конструктивные и дизайнерские ошибки

10. Постановление Коллегии Госатомрегулирования Украины № 4 от 24 июня 2005 года

становятся очевидными. В этот период основные усилия направлены на то, чтобы устранить причины нарушений. Когда эффект старения становится заметным, процент нарушений увеличивается по экспоненциальному закону.

Первые признаки процессов старения обнаружить трудно, поскольку они обычно возникают на микроскопическом уровне структуры материалов. Часто они становятся очевидными только после повреждения материалов.

Независимо от типа реактора, после двадцатилетнего срока эксплуатации начинают оценивать опасности, вызванные процессами старения. Риск такой опасности растет с каждым годом. Речь идет о тенденциях, которые прослеживаются во всей отрасли, но проявляются по-разному.

В период, когда срок эксплуатации достигает „среднего возраста“, количество проблем – на минимальном уровне. Со временем, когда начинается процесс старения деталей, происходит постепенный рост количества сбоев.

Этот процесс не всегда легко распознать, и он представляет большой риск для АЭС. Для атомной станции с любым типом реактора период изнашивания наступает приблизительно после 20 лет эксплуатации. Однако это лишь теоретические расчеты – изнашивание может наступить и раньше.

Чем больше возраст мировых АЭС, тем больше появляется попыток уменьшить роль изнашивания. Данные попытки включают ограничение определения износа. В немецком исследовании, проведенном в конце 90-х гг., неполадки вследствие износа названы „неполадками, связанными с непредвиденными нагрузками в период эксплуатации“¹¹. Таким образом, получается, что лишь небольшой процент сбоев на немецких АЭС происходит в результате износа.

Любое продление срока службы реактора влечет за собой усиление последствий старения, которые способствуют, в свою очередь, значительному увеличению количества аварий.

4.1.2.1. Старение систем ядерных реакторов

Старение – это непрерывный процесс. Начинаясь на ранних стадиях, оно может ускоряться в ходе эксплуатации. Его главной причиной является деградация материала под воздействием различных факторов. Обычно с продлением срока эксплуатации реактора износ

11. Liemersdorf, H., and F. Michel. Sensitivity of German NPPs to Ageing Phenomena. GRS/ IPSN-Fachgesprach (November 10) Berlin

оборудования растет, что повышает общий риск возникновения аварийной ситуации.

Основными процессами, которые влияют на старение, являются:

- излучение;
- тепловые нагрузки;
- механические нагрузки;
- коррозионные процессы;
- сочетание и взаимодействие вышеупомянутых процессов.

Часто изменения механических свойств не могут быть обнаружены методом неразрушающего контроля. Поэтому достаточно сложно получить достоверную оценку реального состояния материалов. Во многих случаях методы неразрушающего контроля позволяют следить за распространением трещин, изменениями поверхностей и стенок. Однако в результате особенной конструкции и высоких уровней радиации не все компоненты могут быть проверены на 100 процентов. Следовательно, необходимо опираться на модельные расчеты для выявления нагрузок и их действия на материалы.

Мероприятия по проверке и контролю за процессами старения называют „управлением старением“. Этот процесс состоит из программ тестирования образцов тех или других элементов, анализа безопасности, превентивных замен компонентов в случае трещин или других повреждений, обнаруженных во время проверок.

Новые методы проверки функционирования АЭС были разработаны в конце 90-х годов, их сутью была попытка спрогнозировать работу отдельных компонентов на основе ограниченной информации. Этому способствовало старение АЭС во всем мире и общая тенденция к увеличению срока эксплуатации. С одной стороны, цель новых подходов – сделать проверки менее расходными и длительными, а с другой – предотвращение отказов оборудования и аварий¹².

МАГАТЭ утверждает¹³, что исследование каждого из механизмов деградации для всех конструкций и компонентов АЭС относительно продления срока ее эксплуатации забирает много времени и является непрактичным. Вместо этого, целесообразнее сосредоточить внимание на результатах старения. Такой подход МАГАТЭ, который не предусматривает глубокого анализа процесса старения, повышает опасность работы АЭС и имеет целью лишь удешевление.

12. „Состояние атомной энергетики в мире“, Отчет Майкла Шнайдера (Париж) при участии Энтони Фрогатта (Лондон).

13. Software for computer based systems important to safety in nuclear power plants.- IAEA Safety standards series. Safety Guide № NS-G-1.1; Ed. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2000

4.1.2.2. Особенности старения ряда узлов ядерной энергетической установки

Старение может проявляться по-разному в зависимости от конкретного компонента. В принципе, все компоненты АЭС склонны к изменению свойств материалов вследствие старения, которое влечет за собой снижение функциональных возможностей и повышает вероятность аварии. В ходе технического обслуживания и управления старением операторы АЭС ликвидируют ожидаемые повреждения путем ремонта и замены компонентов. Однако опыт показывает, что время от времени возникают непредвиденные повреждения именно вследствие старения.

Старение составляет особенно сложную проблему для пассивных компонентов, то есть для компонентов, не имеющих подвижных частей. Процесс старения сложно обнаружить и, более того, никто не знал, что для таких компонентов, как трубопроводы или графитовые элементы нужно будет проводить замену – это не было предусмотрено.

Повреждение активных компонентов (например, насосов) всегда проявляет себя в видимой форме, и компоненты, которые возможно заменить, обычно меняют во время регулярного технического обслуживания. Однако нельзя игнорировать износ активных компонентов как фактор рисков, поскольку это может привести к неожиданному и полному отказу главных циркуляционных насосов и турбин. В электрическом оборудовании, например, повреждения могут оставаться незамеченными до тех пор, пока не случится авария с колоссальными последствиями.

В прошлом достаточно детально были исследованы различные аспекты старения. Известен целый ряд механизмов, которые поддаются этому процессу. Однако они изучены не полностью. Например, о феномене охрупчивания металла в компонентах реактора известно давно. Но он до сих пор адекватно не описан и полностью не изучен, что ведет к увеличению рисков отказа оборудования на АЭС. Также не достаточно изучен процесс образования трещин в стальных трубах.

Несомненно, нехватка полноценных знаний в ключевых вопросах, связанных с продлением срока эксплуатации реакторов, увеличивает риски.

В Испании, где операторы АЭС стремятся увеличить срок эксплуатации реакторов с 40 до 60 лет, было установлено, что в программу „управления старением“ для корпуса реактора необходимо

внести серьезные изменения¹⁴. Оказалось, что сделать это на должном уровне проблематично, поскольку эта процедура предусматривает радиоактивное облучение компонентов реактора в течение нескольких лет. Очевидно, что такой информацией следовало бы располагать до того, как реактор начал работать, а не после нескольких десятилетий эксплуатации.

Процессы износа в других компонентах реактора часто остаются практически незамеченными. Например, инициированная Комиссией по ядерной регуляции США рабочая группа обнаружила, что на АЭС с изношенной кабельной изоляцией замыкания происходят чаще. Это может привести к более частому срабатыванию защиты и повышает требования в области противопожарных мероприятий.

Одним из слабых мест украинских реакторов является то, что теплоноситель, циркулирующий в первом контуре, имеет высокую температуру и находится под высоким давлением, что в сочетании с радиоактивностью ускоряет коррозию и старение некоторых деталей.

На крышках бака реактора также могут появиться трещины. Эта крышка, расположенная сверху бака реактора, содержит трубы, позволяющие вводить стержни, которые управляют сердцевиной реактора – активной зоной для контроля цепной реакции. С этой проблемой столкнулись при эксплуатации реакторов во Франции, Швеции и Швейцарии, США, где уже давно проходят процессы продления эксплуатации старых ядерных энергоблоков.

4.1.2.2.1. Корпус реактора

Корпус реактора с точки зрения анализа появления и распространения дефекта можно разделить на две зоны: верхняя зона, которая включает фланцевую часть, ряд патрубков, опорных зажимов, и нижняя зона, которая включает гладкую цилиндрическую часть корпуса и днище. Кроме того, необходимо выделить такой компонент, как сварные швы, содержащие в себе активные примеси, которые под действием повышенных температур и радиоактивного излучения разрушаются значительно быстрее¹⁵.

Верхняя зона характеризуется наличием концентрации напряжения из-за внутреннего давления, связанного с геометрической неоднородностью корпуса (разная толщина стенки и отверстия для патрубков). Кроме того, существуют диапазоны повышенного напря-

14. Ballesteros, A., et al. Beyond RPV Design Life. Strength of Materials 36, January/February 2004

15. Е. У. Грыник, В. М. Ревка, Л. И. Чирко, Ю. В. Чайковский, „Оценка вязкости разрушения корпусных материалов реактора ВВЭР-1000“, Институт ядерных исследований, Киев

жения, связанные с влиянием механических сил – ударной силы на фланцах и усилия на кольцевой опоре. Для этой зоны также характерным является появление температурного напряжения в переходных режимах работы реактора в связи с изменением температуры теплоносителя. В большинстве случаев нижняя зона характеризуется однородным напряженным состоянием, однако в этой области интенсивное нейтронное излучение разрушает металл корпуса реактора, в результате чего во время эксплуатации имеет место охрупчивание металла.

4.1.2.2.2. Трубопроводы

Десятки тонн перегретой воды из трубопроводов ВВЭРа при разгерметизации мгновенно превращаются в пар, который „сдувает“, как лист бумаги, тысячетонную защитную плиту (если она есть) и передает многотонным кускам корпуса скорость артиллерийских снарядов. Одного процента внутренней энергии воды хватит, чтобы 60 тонн металла забросить на высоту 3000 метров. Защитная оболочка выдерживает внешний удар 20-тонного самолета со скоростью 56 м/с, но удар изнутри куском массивного металла весом в несколько тонн на скорости 50 м/с не выдержит. За несколько секунд содержание реактора окажется за пределами поврежденной защитной оболочки. Вероятность такого внезапного и без каких-либо предупреждающих признаков хрупкого крупномасштабного разрушения реактора – 10-4 реактор/час. Если же, сопоставить эту величину с риском в повседневной жизни для каждого из нас, то он сравним с риском погибнуть в автомобильной катастрофе.

На всех немецких реакторах были обнаружены трещины в стальных трубах-конденсаторах, которые возникли главным образом из-за коррозии¹⁶. При этом использованная при изготовлении труб сталь имеет антикоррозийные свойства. Кроме механических нагрузок, может увеличиваться влияние малоизученных тепловых нагрузок, которые превышают показатели, заложенные при проектировании¹⁷. Очень сложно вести наблюдение за процессами утончения стенок, усталостью материалов и др. По этим причинам старение материалов, скорее всего, приведет к серьезным повреждениям.

При оценке возможного повреждения труб широко применяется

16. Erve, M., et al. Geplante und realisierte Abhilfema.nahmen gegen interkristalline Spannungsr. korrosion zur Gewährleitung eines sicheren Anlagenbetriebes mit Rohrleitungen aus stabilisierten austenitischen Stählen von Siedewasserreaktoren. 20 MPA seminar 2

17. Zaiss, W., G. König, and J. Bartonicek. Schadensmechanismen bei Rohrleitungen von Druckwasserreaktor-Anlagen. 20 MPA seminar vol. 2/33.

принцип „протечка перед разрывом“. В соответствии с данным принципом сначала происходят протечки и только через некоторое время после этого – разрыв (а не, например, одновременно). Но разрывы без предварительных протечек уже случались на АЭС: например, в Саре (США) в 1987 году и Ловииса (Финляндия) в 1990 году¹⁸. В феврале 1992 года на АЭС Кардиа (Греция) состоялся разрыв трубопровода из-за охрупчивания металла¹⁹. Следовательно, при неблагоприятных обстоятельствах прорывы могут быть и без предварительного протекания.

4.1.2.2.3. Парогенераторы

Коррозионное и эрозийное разрушение, а также утончение трубок парогенератора привело к серьезному износу этого компонента на АЭС во всем мире. В последние годы растет количество случаев замены парогенераторов²⁰. Данная проблема особенно актуальна для реакторов ВВЭР-1000. На многих реакторах парогенераторы требуют достаточно частых замен из-за износа стенок труб. Полная замена парогенератора является серьезной операцией, которая требует остановки реактора в течение длительного периода. В 2004 г. Electrabel был вынужден заменить два парогенератора на станции Doel2. Общая сумма капиталовложений составила 82 миллиона евро. Electrabel также сообщил о будущей замене двух парогенераторов на Doel1. В Украине такие замены также проводятся, и это стоит приблизительно 35 млн евро²¹. Самая сложная ситуация с парогенераторами на ЮУАЕС, где из-за нехватки и ненадлежащего качества воды, большого содержания в воде биоты парогенераторы придется заменять вдвое чаще, чем на других АЭС.

4.1.2.2.4. Бетонные конструкции

Защитная оболочка реактора, корпуса зданий, градирни – все эти структурные компоненты являются объектом нагрузок, на них влияют погодные условия, они подвергаются химическому воздействию, а также принимают на себя разные дозы облучения.

Сложно осуществлять наблюдение за коррозионными повреждени-

18. Ahlstrand, R., et al. Identifying life-limiting factors at the Loviisa power plant and management of the aging. Plant Life Extension (PLEX), Berlin.

19. Jansky, J., T. Andrae, and K. Albrecht. Feedwater piping guillotine breaks at 340°C operation temperature. SMiRT vol. F (12) Stuttgart: 207–214.

20. Meyer, N., D. Rieck, and I. Tweer. Alterung in Kernkraftwerken. Greenpeace, Hamburg, 1996, (revised version 1998).

21. Институт проблем национальной безопасности Украины, http://www.nbu.gov.ua/infan/arxiv/arxiv5/arxiv5.7/C5-C_05_07-1.htm

ями в стальной арматуре. В результате снижение прочности может остаться незамеченным. Механизмы разрушения бетона вследствие коррозионных процессов вместе с интенсивными дозами излучения до сих пор в остаются малоисследованными. Они очень условно поддаются количественной оценке, их трудно подтвердить экспериментальными данными²².

В США была составлена информационная база данных для оценки воздействия окружающей среды и факторов износа на бетон. Разностороннее комплексное изучение износа французских градирен привело к выводу, что сорокалетний срок эксплуатации возможен лишь при снижении уровня безопасности²³.

Анализ сейсмостойкости проводится на основе параметров материалов, использованных при строительстве АЭС. Но до сих пор не было уделено надлежащее внимание вопросу ослабления конструкций со временем. Оценка сейсмических нагрузок чрезвычайно важна, так как изношенные конструкции и компоненты наиболее уязвимы при таких нагрузках. С точки зрения сейсмического анализа, старение может отразиться на динамических свойствах, характеристиках конструкций, стойкости, отклонениях в сценарии аварии^{24,25,26}.

4.1.2.2.5 Электросети

Со временем ухудшается прочность кабелей, которая главным образом зависит от охрупчивания изоляции. Сначала это не оказывает значительного воздействия, даже если начали формироваться трещины. Но кабель с трещинами в изоляции, находясь в сырых или химически агрессивных средах, может стать причиной аварии²⁷.

4.1.2.2.6. Электронное оборудование

На АЭС используется много электронного оборудования. Главными факторами его старения являются температура и радиация.

22. Naus, D. J., et al. Aging management of containment structures in nuclear power plants. Nucl. Engin. and Des. 166: 367–379.

23. Bolvin, M., and D. Chauvel. A study of the life expectancy of cooling towers. SMiRT vol. D (12), Stuttgart: 467–472.

24. Shao, L. C., et al. Seismic responses and resistance of age degraded structures and components. Nucl. Engin. and Design 181: 3–15.

25. Кузнецова Т.В., Талабер Й. Глиноземистый цемент // Совм. изд. СССР-ВНР. . М.: Стройиздат, 1988. . 265с.

26. Миргород О.В., Швец С.В. „Приминение огнеупорных бетонов на основе барийсодержащего глиноземистого цемента при ликвидации взрывов на АЭС“.

27. Sliter, G. E. Overview of research on nuclear plant cable aging and life extension. SMiRT vol. D (12) Stuttgart: 199–204.

Дополнительное ухудшение свойств может происходить вследствие влажности и химических воздействий. Из-за многообразия оборудования и процесса старения, который не исследован до конца, сложно сделать достоверный прогноз длительности срока эксплуатации. С продлением срока эксплуатации АЭС достоверность безотказной работы электронного оборудования может снизиться, а с ней и общий уровень безопасности.

4.1.2.2.7. Сварные швы

По ряду технологических причин в металле сварных швов корпусов реакторов энергоблоков АЭС содержание никеля превышает 1,3% (уровень, установленный после проведения разработчиками тщательные исследования)²⁸. Позднее исследования радиационного охрупчивания показали, что для материалов с повышенным содержанием никеля наблюдаются значительные отличия в дозовой зависимости и оказалось, что они под действием ионизирующего излучения разрушаются значительно быстрее, чем было предусмотрено раньше. Технология сварки при работах на АЭС сегодня не изменилась, и эта проблема до сих пор актуальна.

4.1.3. Общие последствия процессов старения и мероприятия по их преодолению

Последствия старения могут сказаться двумя способами. С одной стороны, растет число происшествий и нарушений – незначительные утечки, трещины, короткие замыкания в результате повреждений кабелей и т. д. В Германии, например, на десяти самых старых ядерных реакторах (из 19 эксплуатируемых) за период 1993–2003 гг. 64 % всех нарушений являются следствием старения.

Чем больше возраст мировых АЭС, тем больше предпринимается попыток уменьшить роль износа. Эти попытки включают ограничение определения износа. В немецком исследовании, проведенном в конце 90-х гг., повреждения, связанные с износом, названы „повреждениями, вызванными непредвиденными нагрузками в период эксплуатации“²⁹. Таким образом, оказывается, что лишь небольшой

28. И.Н.Вишневский, Э.У.Гриник, Л.И.Чирко, О.В.Дрогаев, В.Н.Ревка, Ж.Фокт (Université de Lille I, Франция), Р.Бертран (Electricité de France, Франция), К.Тролля (Electricité de France, Франция). “Радиационное охрупчивание корпусных сталей Украинских АЭС”, Научный центр „Институт ядерных исследований“ НАН Украины, г.Киев

29. Liemersdorf, H., and F. Michel. Sensitivity of German NPPs to Ageing Phenomena. GRS/ IPSN-Fachgesprach (November 10) Berlin.

процент сбоев на немецких АЭС происходит вследствие старения³⁰. Такие утверждения вводят в заблуждение, в действительности именно процессы старения компонентов АЭС являются основными факторами аварий.

Обычно используют четыре уровня профилактических мероприятий против процесса старения:

- Замена компонентов
- Снижение нагрузок
- Усиленные проверки и текущий контроль АЭС
- Снижение уровня безопасности

Здесь не рассматривается такая мера, как ремонт отдельных компонентов. Ремонт включен в комплекс мероприятий, необходимых для регулярного функционирования АЭС, независимо от продления срока службы.

Одним из заслуживающих внимания методов является отжиг корпуса реактора, который практикуется в странах Восточной и Центральной Европы как метод уменьшения охрупчивания. Однако этот метод является сомнительным, поскольку долгосрочный эффект таких действий не изучен.

Последние публикации в целом доказывают достаточность существующих мероприятий против износа оборудования. Вместе с тем эти утверждения опровергаются заявлениями представителей атомной индустрии о том, что необходимо срочное детальное изучение эффекта старения, то есть они сами признают свою неполную компетентность в вопросах старения АЭС и, соответственно, в оценке состояния энергоблоков, и тем более в самом процессе ПТЭ.

Например, во французских и немецких публикациях утверждается, что количество инцидентов, связанных со старением оборудования, постоянно растет. То есть этот вопрос нуждается в более тщательном исследовании. Со временем должны появиться новые важные данные. Следовательно, необходимо продолжение углубленных исследований феномена старения, особенно на его ранних стадиях.

4.2. Процесс замены комплектующих

Большинство узлов атомного реактора рассчитаны на работу именно на проектный срок работы ядерной энергетической установки, а то и меньше. Для того чтобы продлить срок эксплуатации ядерного реактора, необходимо заменить все узлы, которые не имеют ресурса на дальнейшую работу. Однако если заменить все узлы, то

30. ЭНТОНИ ФРОГАТТ, Ядерный реактор как источник опасности.

сомнительным будет экономический эффект, поэтому компании-операторы идут на компромисс и заменяют лишь часть комплектующих. Как будут работать вместе узлы, изготовленные 30 лет тому назад, и новые – достоверно не известно. Здесь необходимо также отметить, что часть узлов реакторной установки уже не являются оригинальными – они модернизировались в рамках работ по повышению безопасности АЭС. Проведенные модернизации не были предусмотрены в начальном проекте станции, что может создать дополнительные сложности при выполнении запланированных мероприятий.

4.2.1. Качество комплектующих и выполнения работ

Для проведения работ по ПТЭ энергоблоков необходимым является замена ряда узлов реакторной установки. Последние годы не стихают скандалы, связанные с поставкой некачественных комплектующих для АЭС и неудовлетворительным качеством выполненных работ³¹³². Это вызывает тревогу, поскольку к опасностям, которые создаются работой старого оборудования в сверхпроектный срок, добавляются опасности, вызванные работой некачественного оборудования.

4.2.2. Проблемы стыка новых и старых частей

Последние годы в мире строится достаточно мало АЭС – большинство реакторов были построены десятки лет тому назад, в совсем других условиях. Сегодня невозможно рассчитывать, что новые узлы, которые заменят старые, будут именно такими, которые предусмотрены проектом конкретного ядерного реактора. Работа оборудования с другими свойствами может негативно влиять на эксплуатацию всей системы. Усложняет проблему быстрое разрушение сварных швов – подробнее об этом в разделе 4.1.2.2.7.

4.2.3. Накопление РАО

Практически любая замена материалов и оборудования на АЭС влечет за собой появление радиоактивных отходов разной степени радиоактивности. При продлении срока эксплуатации значительно увеличивается объем работ, чем при проаедении обычных мероприятий по повышению безопасности АЭС или при возникновении проектных аварий. Большой объем работ оз-

31. NOTHING TO REPORT NUCLEAR, 2009,Belgia, France, Alainе de Halleux, Crescendo films, Iota Production.

32. Проблемы ядерного ренессанса в Финляндии, Метью Уолд (Matthew L. Wald), <http://atom.org.ua/?p=651>

начает существенное увеличение количества РАО в сравнении с предыдущими годами.

Также возникает проблема с отработавшим ядерным топливом. В мире все больше применяется практика хранения ОЯТ в национальных хранилищах из-за отсутствия альтернативных вариантов обращения с топливом (в США, Германии, Центральной и Восточной Европе и др.). Там, где собираются продлевать сроки службы реакторов, необходимо увеличивать вместимость хранилищ, чему уделяется недостаточное внимание. Это приведет к увеличению количества радиоактивных материалов на каждом из объектов.

4.3. Безопасность проведения работ

Компании-операторы АЭС не отчитываются о дозовых нагрузках при проведении работ по продлению эксплуатации ядерных реакторов. Сколько стоит продления эксплуатации не в финансовом аспекте, а в здоровье работников АЭС и подрядных организаций, выполняющих работы, на сегодня не понятно и никоим образом не комментируется ни министерствами энергетики, ни контролирующими или эксплуатирующими организациями.

4.4. Проектная документация

Опыт эксплуатации атомных электростанций ясно показывает, что они представляют значительную опасность. Эксплуатирующие организации пытаются убедить общественность, что никакие аварии на АЭС больше не произойдут, якобы они постоянно модернизируются для повышения уровня безопасности. Во время таких модернизаций часто возникают отклонения от начального проекта. Однако для планирования и проведения сложных и долговременных комплексных работ, таких как удлинение эксплуатации АЭС, просто необходимо иметь актуальную проектную документацию по конкретной АЭС.

Как показывает практика аналогичных проектов в России³³, наличие актуальной документации является одной из основных проблем. Вследствие изменений, внесенных в конструкцию энергетической установки и не отмеченных на всех уровнях проектной документации, исполнители работ вынуждены не только отклоняться от планов

33. А.В. Корнев, ОАО „Головной институт „ВНИПИЭТ“, „Опыт проведения комплексного инженерно-радиационного обследования объектов использования атомной энергии для обеспечения вывода их из эксплуатации“, доклад на конференции „Вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Концептуальные аспекты и практический опыт „ВЫВОД-2009“ Москва, 2 - 5 июня 2009.

проведения работ, но и вообще прекращать работы, что создает задержки в проведении работ и финансовые перерасходы. Однако главной угрозой несоответствия документации реально действующей АЭС является то, что внесенные в соответствии со старым планом новые элементы или простая замена комплектующих могут снизить уровень безопасности или даже привести к аварии.

4.5. Модернизация систем безопасности и управления

При продлении срока эксплуатации необходимо заменить существующие системы управления, аварийной защиты и контроля согласно с международными требованиями безопасности, как это было сделано, например, при продлении работы на АЭС в России и Финляндии.

Под модернизацией системы управления подразумевается внедрение комплексной системы управления аварийным расхолаживанием, которая обеспечивает управление системой безопасности в автоматическом режиме, без вмешательства операторов, в течение 10 минут с момента аварии, чтобы исключить человеческий фактор. Такая система предназначена для управления системами безопасности – аварийного охлаждения реактора, надежного технического водоснабжения, системой подачи химически обессоленной воды от автоматики водяного пожаротушения. Для реализации принципов резервирования объекты управления технологических систем должны быть разбиты на три взаиморезервируемые группы, работающие от разных каналов. Структура комплексной системы управления аварийным расхолаживанием исключает возможность потери управления двумя или тремя группами систем безопасности одновременно. Внедрение данной системы безопасности АЭС, отвечающей международным стандартам, при проведении работ по ПТЭ на украинских АЭС не предусмотрено.

4.6. Законодательные аспекты процесса ПТЭ

Абсолютное большинство эксплуатирующих организаций заинтересовано в продлении эксплуатации энергоблоков АЭС сверх проектного срока по соображениям условной экономической эффективности, пренебрегая при этом безопасностью граждан и окружающей среды.

4.6.1. Технико-экономическая оценка целесообразности ПТЭ

Технико-экономическая оценка целесообразности ПТЭ является одним из начальных этапов принятия решения о продлении эксплуатации. Результаты технико-экономического обоснования (ТЭО) и технико-экономические показатели инвестиционных проектов в атомной энергетике являются основными факторами при принятии решения об открытии финансирования данных проектов.

Рассмотрим опыт разработки проектов ПТЭ энергоблоков АЭС. Как объект исследования выбраны методические подходы к ТЭО ПТЭ, принятые в странах с развитой атомной энергетикой, где большое внимание уделяется проблеме ПТЭ энергоблоков АЭС – Россия, Канада, США, Франция, Япония.

Результаты сравнительного анализа разных методических подходов к ТЭО ПТЭ приведены в следующей таблице:

Таблица 4.1 Примеры организации процесса продления эксплуатации ядерных энергоблоков в ключевых странах с ядерной энергетикой.

Россия	Канада	США	Франция	Япония
Проектный срок эксплуатации				
30 лет	30 лет	40 лет	40 лет	30 лет
Срок продления эксплуатации				
15-20 лет в зависимости от поколения реакторной установки	10-20 лет	До 20 годов	10 лет	30 лет. (специальных законов о ПТЭ нет, все решается на уровне эксплуатирующих организаций)
Основные требования к ПТЭ				
Обеспечение необходимого уровня безопасности; объем инвестиций, оценка предельно допустимых расходов с точки зрения эффективности	Обеспечение необходимого уровня безопасности	Обеспечение необходимого уровня безопасности; основные требования - технические и экологические.	Обеспечение необходимого уровня безопасности; ТЭО на основе анализа „расходы-прибыль“.	Обеспечение необходимого уровня безопасности, отсутствие экономических нормативов и требований к ПТЭ
Особенности методических подходов				
Отсутствие реальных альтернативных проектов (в т.ч. по строительству замещающих мощностей)	-	Заявки на ПТЭ подаются за 15 лет - 5 лет на получение разрешения, 10 лет на создание альтернативного энергоисточника, если разрешение не выдано.	Большое внимание уделяется относительной (сравнительной) эффективности расходов	ТЭО ПТЭ проводит эксплуатирующая организация, но единой методологии ТЭО не существует.

Состав (структура) расходов				
1. Инвестиционные расходы. 1.1. Расходы на оценку и обоснование безопасности, расходы на лицензирование. 1.2. Расходы на модернизацию в целях повышения безопасности. 1.3. Расходы на продление ресурса и замену оборудования (включая замену элементов, которые выработали ресурс). 1.4. Расходы на обращение с ОЯТ и РАО. 2. Расходы на производство и реализацию продукции.	1. Повышение уровня безопасности. 1.1. Критические компоненты и системы. (замена технологических каналов, замена компьютерного контрольного оборудования и так далее). 1.2. Модернизация вспомогательных систем, не связанных с безопасностью. 2. Расходы на лицензирование. 3. Расходы на организацию работы с ответственностью. 4. Расходы на оценку влияния проекта на окружающую среду. 5. Общая оценка рисков. 6. Другие расходы (банкет, авторское наблюдение и т. д.).	1. Повышение уровня безопасности. 1.1. Критические компоненты и системы (замена или модернизация парогенератора). 1.2. Расходы на оформление необходимой документации. 2. Расходы на обращение с РАО и ОЯТ. 3. Модернизация вспомогательных систем, не связанных с безопасностью. 4. Расходы на лицензирование. 5. Расходы на оценку влияния проекта на окружающую среду.	1. Повышение уровня безопасности. 1.1. Критические компоненты и системы (замена или модернизация парогенератора, замена труб контуров циркуляции и т. д.). 1.2. Текущая модернизация систем и элементов. 2. Модернизация вспомогательных систем, не связанных с безопасностью (замена конденсатора, замена обмотки статора генератора).	1. Повышение уровня безопасности. 1.1. Замена или модернизация парогенератора. 1.2. Замена или модернизация турбины. 1.3. Замена или модернизация других систем, важных для безопасности. 2. Расходы на оценку эффективности ПТЭ. 3. Другие расходы.
Условия лицензирования				
Лицензия на весь дополнительный срок эксплуатации.	Лицензия на ограниченный срок (0,5–3 года).	Лицензия на ограниченный срок (40 лет) плюс максимальный срок ПТЭ (20 лет).	Лицензия на неограниченный срок с периодической оценкой безопасности (10 лет).	Лицензия на неограниченный срок с периодической оценкой безопасности (10 лет) и оценкой состояния „критических“ компонентов (каждые 13 месяцев).
Наблюдательные органы				
Ростехнадзор	CNSC - Canadian Nuclear Safety Commission	NRC – Nuclear Regulatory Commission	DSIN - Direction de la Surete des Installations Nucleaires	METI - Ministry of Economy, Trade and trade
Охрана окружающей среды и отношение общественности				
Мероприятия по охране окружающей среды и контролю за радиационной обстановкой проводятся с целью выполнения требований нормативной документации.	Организация работы с общественностью, консультации и общественные слушания. Оценка влияния проекта на окружающую среду проводится с целью выполнения требований из окружающей среды охраны и отчета перед обществом.	Оценка влияния проекта на окружающую среду проводится с целью выполнения требований по охране окружающей среды и отчета перед общественностью.	-	Оценка влияния на окружающую среду проводится в случае внесения изменений в утвержденный проект энергоблока. Отчет перед обществом о ПТЭ обязателен, это решает эксплуатирующая организация.
АЭС, тип реактора, эксплуатирующая организация				
ЛАЭС-3,4 РБМК-1000, Концерн „Росэнергоатом“	Gentilly 2 Candu 6 Hydro-Quebec	Fort Calhoun, Omaha Public Power District	Энергоблок с РУ типа PWR	Энергоблок с РУ типа PWR

Из изложенного выше видно, что в большинстве демократических стран для продления срока эксплуатации старых ядерных энергоблоков оператором готовится Оценка влияния на окружающую сре-

ду (ОВОС)³⁴. Основными заданиями ОВОС является: определение масштабов и степени влияния планируемой деятельности на окружающую среду; проведение мероприятий по предотвращению или уменьшению этих влияний; приемлемость проектных решений с точки зрения безопасности окружающей среды; прогноз изменений окружающей среды в соответствии с перечнем влияний; определение комплекса мероприятий по предупреждению или ограничению опасных влияний планируемой деятельности на окружающую среду. Но главным является то, что общественность может участвовать в обсуждении процесса ПТЭ энергоблоков АЭС. В Украине для продления эксплуатации энергоблоков ОВОС не готовилась и, соответственно, общественность привлечена не была.

Для продления срока эксплуатации энергоблоков компания-оператор должна получить лицензию на работу в сверхпроектный срок от регулирующего органа. Компания должна предоставить регулятору планы работ по продлению работы блоков с графиком выполнения работ, а также планы по выводу АЭС из эксплуатации. Если по каким-то причинам эти планы не будут выполнены, ядерный реактор должен быть остановлен и начат процесс вывода его из эксплуатации.

4.6.2. Требования МАГАТЭ

В соответствии со ст. III своего Устава МАГАТЭ уполномочено устанавливать стандарты безопасности и обеспечивать применение их в ядерной деятельности для мирных целей. Серия стандартов по безопасности охватывает ядерную безопасность, радиационную безопасность, транспортную безопасность, безопасность при обращении с отходами, а также общую безопасность.

Стандарты безопасности МАГАТЭ юридически не обязательны для государств-членов, но могут быть по их усмотрению приняты для использования в национальных регулирующих документах. Стандарты обязательны лишь для МАГАТЭ относительно собственных действий и для государств-членов относительно совместных действий при участии МАГАТЭ.

Страны-члены МАГАТЭ уже разрабатывают нормативные документы³⁵ по продлению срока службы на основе периодического обзора безопасности АЭС или в процессе непрерывной модернизации станции и проведения мониторинга. Причем мониторинг касается проблем старения, а технические аспекты управления старением регулируются

34. http://www.energoatom.kiev.ua/ru/media/nnegc.html?_m=pubs&_t=rec&id=22787

35. Safety aspects in life extension of NPPS.- Working material, ed. IAEA, Vienna, Austria, 2002, 32 p.

документом МАГАТЭ „Руководство по безопасности“ № 50-SG-012.

Продление срока эксплуатации АЭС (в английской терминологии *lifetime* – время эксплуатации) – это не особенный процесс, который описывается в определенных сроках, согласованных странами-членами МАГАТЭ, а просто часть процесса обычного регулирования или мониторинга безопасности и специально не предназначалась для подтверждения возможности долгосрочной эксплуатации станции.

В целом поддержка, согласно требованиям МАГАТЭ, условий безопасности при долгосрочной эксплуатации должна включать четыре основных элемента: тщательное управление и обслуживание; разработанная стратегия замены оборудования; технические модификации критически важных систем; сглаживание обнаруженных эффектов старения. Проблема такого подхода заключается в поддержке баланса между упомянутыми четырьмя элементами.

Ключевым элементом при принятии решения о продлении срока эксплуатации АЭС является Завершающий отчет о проведении анализа безопасности – *Final safety analysis review (FSAR)*. Он должен отображать современную конфигурацию станции и текущее состояние ее безопасности. Уточнения, которые относятся к долгосрочной эксплуатации, как правило, касаются всех частей станции, склонных к старению. Текущую документальную основу лицензирования, то есть технические спецификации, FSAR и Отчет о влиянии на окружающую среду – *Report of Environmental Impact Assessment (EIA)*, в идеале следовало бы пополнять свежей информацией непрерывно в течение эксплуатации и периодически представлять в виде отчета как часть нормального процесса регулирования.

4.7. Научное и техническое обеспечение процесса ПТЭ

Представители атомной энергетики уверены, что опыт, полученный при эксплуатации АЭС, даст возможность им обосновать пересмотр ранее установленных сроков эксплуатации ядерных энергоблоков и убедить общественность в безопасности, а главное – в необходимости процесса ПТЭ для старых блоков АЭС. Ядерная промышленность сталкивается с проблемами в промышленной среде, которые радикально за последние 30 лет³⁶. Сегодня сектору придется иметь дело с утилизацией отходов и расходами на снятие из эксплуатации, которые намного пре-

36. Н.Е. Гултмана, Дж. Куми, Д.М. Каммена „Чему нас может научить история будущих расходов атомной энергетики США“, „Environmental Science & Technology“, 1 квітня 2007 року

вышают предварительные оценки; он должен конкурировать со значительно модернизированным газово-угольным сектором и с новыми конкурентами в секторе новых и возобновляемых источников энергии³⁷. В частности, придется решать проблемы быстрой потери компетентности кадров и недостаточности производственной инфраструктуры³⁸.

4.7.1. Человеческие ресурсы и научный потенциал

Основные докладчики на Ежегодном заседании Американского ядерного общества, которое состоялось в 2007 году, отметили, что „возрождение атомной энергетики далеко не определенная вещь“³⁹. Старший вице-президент „Электрическо-световой компании Флориды“ („Florida Power & Light Company“) и главное атомное должностное лицо Арт Столл (Art Stall) сказал на открытии пленарного заседания, что эйфория вокруг возрождения атомной энергетики сдерживается реалиями проблем, возникающих при строительстве новых АЭС. „Столл сказал, что одной из самых больших трудностей является поиск квалифицированных людей, включая строителей, технических специалистов, инженеров и научных работников для поддержки строительства и эксплуатации. Он отметил, что 40% нынешних работников АЭС в течение следующих пяти лет могут выйти на пенсию“⁴⁰.

Во Франции ситуация ничуть не лучше. Около 40% нынешнего персонала национального коммунального предприятия „EDF“, которое привлечено к эксплуатации и техническому обслуживанию реакторов, выйдет на пенсию до 2015 года.

В 1980 г. в США работало 65 университетских программ по ядерной технике. Сегодня их всего 29. В оценке строительной инфраструктуры АЭС, проведенной в 2005 г. от имени Министерства энергетики США, сделан вывод, что квалифицированы котельники, трубопроводчики, электрики, арматурщики-металлисты, дозиметристы, операторы и обслуживающий персонал – все эти специалисты „в дефиците“.

Начиная с 2002 года в Великобритании не было ни одной дисциплины по ядерной технике для студентов старших курсов.

В Германии ситуация драматичная. Количество высших учебных заведений, в которых преподают предметы, связанные с атомной

37. Амори Б. Ловинс „Могущественные мыши“, „Nuclear Engineering International“, декабрь 2005 года

38. „Состояние атомной энергетики в мире“, Отчет Майкла Шнайдера (Париж) при участии Энтони Фрогатта (Лондон)

39. http://pepei.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?ARTICLE_ID=297569&p=6&dcmp=NPNews

40. http://marketplace.publicradio.org/display/web/2007/04/26/a_missing_generation_of_nuclear_energy_workers/

энергетикой, сократилось с 22 в 2000 г. до 10 в 2005 г. и в 2010 году будет составлять всего 5⁴¹. В 1993 году диплом получили 46 студентов, в 1998 году таких вообще не было.

Проблема человеческого ресурса является актуальной и в атомной отрасли России. Этот вопрос постоянно поднимается Министерством атомной энергетики и промышленности России. За последние 20 лет были свернуты все перспективные работы, в отрасль приходило мало молодых специалистов⁴².

Даже МАГАТЭ подтверждает, что ситуация с привлечением компетентных специалистов к процессу ПТЭ критическая: средний возраст персонала АЭС и служб технической поддержки – около 50-ти лет. Для долгосрочной эксплуатации станций необходима разработка кадровой стратегии, чтобы обеспечить обслуживание их квалифицированными сотрудниками нового поколения⁴³.

Если трудно набрать достаточно персонала для нынешних программ, интересно, откуда возьмется квалифицированная рабочая сила для крупномасштабного расширения?!

4.7.2. Производственные мощности

В 1980-х в США было приблизительно 400 ядерных поставщиков и 900 допусков к работе с ядерным оружием. С тех пор эти цифры значительно уменьшились – менее 80 поставщиков и менее 200 допусков⁴⁴. В оценке инфраструктуры строительства АЭС Министерства энергетики США, на которую дана ссылка выше, сделан вывод, что основное оборудование (баки реактора высокого давления, парогенераторы и сепараторы-пароперегреватели) для краткосрочного внедрения энергоблоков III поколения не будет изготовлено на американских заводах. Эта потенциальная недостача представляет существенный риск для соблюдения графика строительства и может быть риском финансирования проекта⁴⁵.

Например, проекты строительства АЭС при участии российской компании „Атомстройэкспорт” продвигаются с задержками и финансовыми перерасходами. В Болгарии при строительстве АЭС Белене ее стоимость возросла более чем на 1 млрд долларов еще до начала фактического строительства. Турция вообще отказалась от сотрудни-

41. П. Фриц, Б. Кучера, „Kompetenzverbund Kerntechnik – Eine Zwischenbilanz über die Jahre 2000 bis 2004“, „Atomwirtschaft“, июнь 2004 года

42. Пресс-центр атомной энергетики России, <http://www.minatom.ru/>

43. Safety aspects in life extension of NPPS.- Working material, ed. IAEA, Vienna, Austria 2002, 32 p.

44. „Nucleonics Week“, 15 февраля 2007 года

45. MPR, „Оценка инфраструктуры строительства АЭС DOE NP2010“, 21 октября 2005 года

чества с „Атомстройэкспортом”, поскольку стоимость киловатт-часа от российской АЭС составила бы 21,16 центов, что превышает стоимость от всех других источников энергии. Также имеют место значительные задержки в строительстве, которое выполняет российская компания в Индии, – такие задержки ведут к значительным финансовым убыткам⁴⁶. Кроме этого, Россия имеет свои огромные планы по строительству свыше 30 ядерных реакторов в следующие 20 лет, а также работы по ПТЭ действующих реакторов, что, исходя из производственных мощностей России, помешает ей активно проводить работы за рубежом.

4.8. Экономика

Согласно мировой практике основной исходной информацией при проведении оценки экономической эффективности проекта ПТЭ энергоблока являются:

- технико-экономические показатели энергоблока за последние три года (общая установленная мощность, общее время использования установленной мощности, годовая выработка электрической и тепловой энергии, использование электроэнергии на собственные потребности, недовыработка продукции в результате простоев энергоблока);
- результаты маркетингового исследования рынка электрической и тепловой энергии региона размещения АЭС, которые содержат анализ данных по спросу и предложению на рынке, анализ возможных вариантов замещения выбывающей мощности и предложения по выбору наиболее эффективного из них, анализ цен на электрическую и тепловую энергию;
- прогнозируемые эксплуатационные расходы, порождаемые ПТЭ;
- численность персонала энергоблока с указанием средней заработной платы;
- остаточная стоимость основных производственных фондов энергоблока на момент выполнения расчета, а также средний годовой объем амортизационных отчислений;
- сводка о системе налогообложения, а также об отчислениях в разные фонды и резервы;
- объем инвестиционных расходов на ПТЭ энергоблока, выполненный в базовых ценах, по следующим группам:
 - расходы на оценку и обоснование безопасности, на лицензирование;
 - расходы на продление ресурса и замену оборудования;

46. Пресс-релиз НЭЦУ от 4 марта 2009 года, <http://www.necu.org.ua/ua-zbish-zalezhn-ros/>

- расходы на модернизацию в целях повышения безопасности;
- дополнительные расходы на обращение с ОЯТ и РАО;
- сводка о прогнозируемом уровне инфляции.

Оценка экономической эффективности проекта ПТЭ должна также содержать оценку социальной, коммерческой и бюджетной эффективности проекта ПТЭ. Расчеты экономической эффективности проекта ПТЭ должны включать сравнительную оценку вариантов „с проектом“, „без проекта“ и „с альтернативным проектом“. Вариант „без проекта“ – вариант отказа от реализации проекта ПТЭ энергоблока АЭС. Под „альтернативным проектом“ понимается наиболее реальный проект замещения мощностей, которые выводятся из эксплуатации, отобранный по результатам проведенных маркетинговых исследований⁴⁷.

4.8.1. Стоимость работ

Сметная оценка основных мероприятий и ориентировочные дополнительные расходы по продлению срока эксплуатации одного энергоблока мощностью 1000 МВт составляют около 55–200 млн долларов США⁴⁸. Однако, как показываются расчеты выполненных проектов в России, официальные расчеты не выдерживают критики^{49,50}.

4.8.2. Перерасходы

Однако расходы, заложенные в смете, на подготовку к процессу ПТЭ ядерных энергоблоков, а также на саму модернизацию, никоим образом не соответствуют реальной стоимости работ. Проблемы в ядерной отрасли (подробнее описаны в разделе 4.7) приводят к тому, что проекты реализуются со значительными задержками и перерасходами⁵¹.

4.8.3 Страхование старых блоков

Венская конвенция 1963 года о гражданской ответственности за ядерный вред обязывает оператора ядерных установок страховать

47. Особенности методики ТЭО проектов продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС, 17/07/2007, Атомная энергетика, Д.С. Мошкальов, аспирант Спбгпу, сотрудник ФГУП „ГИ“ ВНИПИЕТ, <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=1052>

48. В. Фукс, Украинское ядерное общество <http://www.kievenergo.com.ua/print.php?artid=13&sid=9>

49. БЕЛЛОНА, Продление срока эксплуатации атомных электростанций, 2006

50. Рекламная кампания АЭС в США вызвала обвинения в обмане потребителей.

51. Проблемы ядерного ренессанса в Финляндии, Метью Уолд (Matthew L. Wald), <http://atom.org.ua/?p=651>

ядерные риски⁵². Все страны, подписавшие конвенцию и эксплуатирующие АЭС, создают ядерный пул – некоммерческие организации, в которые входят ведущие национальные страховые компании. На данный момент всего в мире действует 30 ядерных страховых пулов.

Особенность мировой пулинговой системы заключается в том, что перестраховывать риски можно только в странах, где работают АЭС или есть национальные ядерные страховые пулы. Основным преимуществом такой системы перестраховки является максимальная гарантированность выплат, поскольку каждый национальный риск дробится к долям в несколько десятков миллионов долларов, выплатить которые в случае ядерного инцидента для любого пула не составит проблемы.

Если в стране будут эксплуатироваться старые реакторы с повышенным уровнем опасности, то расходы на их страхование, согласно страховой практике, вырастут, что еще больше ухудшит финансовые показатели процесса ПТЭ.

4.8.4. Стоимость РАО и ОЯТ при реализации ПТЭ

Однако главной проблемой при ПТЭ остаются ядерные отходы, которые образуются во время эксплуатации АЭС, включая и ОЯТ. В странах, где собираются продлевать сроки службы реакторов, необходимо увеличивать вместимость хранилищ, чему уделяется недостаточно внимания. ПТЭ увеличит количество РАО и ОЯТ как минимум в полтора раза. В абсолютных величинах это значит тысячи тонн радиоактивных отходов. На сегодняшний день просто невозможно оценить полную стоимость хранения РАО и ОЯТ, но эта сумма на порядок больше, чем средства, которые заработала АЭС в течение всего срока эксплуатации. ПТЭ ядерных блоков лишь значительно увеличит стоимость обезвреживания опасных отходов, которую вынуждены будут заплатить следующие поколения.

4.9. Физическая защита

В последние десятилетия в мире возникла проблема защиты от терроризма. Ядерные АЭС, как наиболее опасные техногенные объекты, являют собой очень привлекательные цели для террористов. Подрыв такого объекта или похищение из него опасных материалов террористами составляет огромную опасность для населения и окружающей среды. Чем дольше работают АЭС, тем больше вероятность

52. Nuclear Risk Insurers Limited, <http://www.nuclear-risk.com/home.asp>

нападения. Террористы, от которых невозможно изолироваться ни одному государству, ни одному объекту, всегда направлены на причинение максимального убытка экономике, на смертельное поражение множества людей. Кроме того, наработка большого количества отходов, которые могут быть использованы для получения „грязной бомбы“, нуждается в дополнительных расходах. Соответственно компании-операторы АЭС должны повышать уровень безопасности и нести дополнительные расходы на физическую защиту объектов.

5. Опыт продления работы ядерных энергоблоков

В мире 33 страны эксплуатируют ядерные реакторы, и только 14 стран на сегодняшний день планируют продлевать работу старых реакторов. Часть стран отказались от этих работ, часть вообще сокращают парк ядерной энергетики^{53,54}:

Таблица 5.1. Мировой опыт продления ресурса ядерных реакторов

1	Чешская Республика	В настоящее время осуществляется расширенная программа модернизации для продления срока эксплуатации реакторов Dukovany до 40 лет.
2	Финляндия	На АЭС Olkiluoto уже были проведены работы по продлению до 40 лет с возможным последующим продлением еще на 20 лет. Ловицца.
3	Франция	Существуют проекты, которые позволят продлить срок эксплуатации всех реакторов до 40 лет.
4	Венгрия	Было объявлено о возможном продлении срока службы АЭС Paks до 50 лет.
5	Индия	Сообщается, что на некоторых АЭС были проведены работы по продлению срока эксплуатации.
6	Республика Корея	Были разработаны предложения о продлении срока эксплуатации до 60 лет.
7	Нидерланды	АЭС Borssele модернизировали и в настоящий момент срок службы продлен до 2013 года.
8	Пакистан	Реактор Kanup будет функционировать дополнительно 15 лет.
9	Россия	РБМК поддаются модернизации, которая позволит им функционировать около 15 лет дополнительно. Продлена работа по 2 энергоблока ВВЭР-440 на Кольской и Нововоронежской АЭС.

53. ЭНТОНИ ФРОГГАТТ, Ядерный реактор как источник опасности.

54. Power Reactor Information System (PRIS), International Atomic Energy Agency, <http://www.iaea.or.at/programmes/a2/>

10	Испания	В 2006 году намечено закрытие старого реактора Jose Cabrera – 37 лет эксплуатации.
11	Швеция	У некоторых реакторов есть лицензии на бессрочную эксплуатацию, у других – десятилетние разрешения; не намечено определенного срока эксплуатации.
12	Украина	Планы продлить на 15 лет работу 13-ти ядерных реакторов.
13	Великобритания	В настоящее время у всех реакторов Magnox есть фиксированный срок эксплуатации, вплоть до 50 лет. На реакторах AGR (второе поколение) проведены работы по продлению срока службы (на пять лет).
14	США	Из 100 реакторов у 23 срок лицензий закончится до 2015 года. Реакторы, которые получили двадцатилетнее продление срока службы – 31 шт. В целом по состоянию на 1 августа 2009 года в США 54 блока получили лицензии на продление эксплуатации.

Рассмотрим примеры показательных нарушений, связанных со старением, которые зафиксированы на станциях, где установлены реакторы типа ВВЭР, а также их аналоги. Все ниже рассмотренные нарушения привели к окончательному закрытию реактора или к остановке на длительный период.

Реактор Yankee Rowe (США) был окончательно закрыт в 1992 г. после 31 года функционирования. Yankee Rowe – это первый североамериканский реактор, для которого был введен запрос на продление срока службы (с 40 до 60 лет). Парадоксально, но именно в процессе переоформления документов на продление срока службы при осмотре было обнаружено, что сварочный шов крышки реактора уже достиг критического состояния охрупчивания.

Прошло более чем два года, с 2002 до 2004 гг., прежде чем реактор Davis Besse (США) было решено остановить в результате неожиданного открытия. Во время осмотра обшивочной части бака были обнаружены трещины 15 см глубиной и 17 см шириной. Только 3 мм внешней оболочки бака из нержавеющей стали поддерживали рабочее состояние реактора. По мнению компании FirstEnergy, которая эксплуатирует реактор, осевая трещина развивалась в адаптере с 1990 года. FirstEnergy оценило скорость расширения трещины приблизительно в 50 мм/ч. При визуальном контроле в 1998 г. и в 2000 г. повреждений крышки обнаружено не было. Разрыв последней защиты – оболочки из нержавеющей стали – привел бы к катастрофе, вызванной потерей воды в реакторе, выбросами части управляющих стержней или приведением их в неработоспособное состояние. Об-

щие расходы, связанные с остановкой станции, в частности расходы по перемещению производства электроэнергии, оцененные приблизительно в 600 миллионов долларов. Несмотря на эти нарушения и тот факт, что потребовалось двенадцать лет для их выявления, Правительственная ревизионная комиссия США (NRC) решила продлить работу станции Davis Besse до 2017 года.

Трещины такого же типа обнаруженные и в других американских реакторах, а также в Швейцарии, Швеции и Франции. Французские энергоблоки (в основном реакторы с водой под давлением такие же, как и в Бельгии и на станции Davis Besse (США)) также ощутили на себе эффект старения (90-е годы). В 1991 г. EDF публично заявил о выявлении первой трещины на крышке бака реактора Bugey. В мае 1996 г. EDF зарегистрировал растрескивание крышки реактора № 2 на станции Fessenheim. С 1991 по 1996 гг. трещины были обнаружены на 41 переходе из 2800 осмотренных.

Станция Stade в Германии окончательно была остановлена в ноябре в 2003 г. после менее чем 32 лет функционирования. Как в Yankee Rowe, сварочные швы бака реактора были склонны к охрупчиванию из-за высокого процентного содержания примесей меди. Но TÜV, немецкая организация технической поддержки, заявила, что существовал достаточный запас прочности для работы станции в течение 40 лет. Речь идет о единственной на сегодняшний день немецкой станции, которая была остановлена по решению правительства, и это вопреки факту, что количество электроэнергии от этой станции, запланированное немецким законом об атомной энергии, в 2001 г. не было получено. Эксплуатирующая организация утверждает, что станция закрыла свои двери исключительно по экономическим причинам. По ее мнению, мощность станции была очень маленькой. Однако станция Obrigheim – более старая и ее мощности вдвое меньше, чем у Stade, – все еще функционирует. Таким образом, можно предполагать, что Stade была закрыта именно по причинам, связанным со старением.

Также из-за старения были закрыты (или остановлены на длительный срок) станции, на которых установлены реакторы других типов. Кипящий реактор на станции Wurgassen в Германии, например, был окончательно остановлен в мае 1995 г., после менее чем 24 лет функционирования, в результате серьезных трещин в оболочке сердца реактора. Ремонт и модернизация в то время обошлись бы в 350–400 миллионов немецких марок (приблизительно 175–200 миллионов евро), и эксплуатирующая организация PreussenElektra решила закрыть станцию.

Вышеупомянутые примеры ясно показывают существование значительных проблем, связанных со старением “западных” ядерных реакторов. Исходя из этого, можно констатировать, что такие же серьезные проблемы старения имеются и на реакторах восточных стран. Для других типов реакторов эта ситуация оказалась еще сложнее.

5.1. Опыт продления работы блоков ВВЭР

Сегодня в мире продлена работа небольшого количества блоков ВВЭР (Россия, Финляндия). Из всех случаев ПТЭ лишь 8 касались блоков конструкции ВВЭР-440:

2 блока ВВЭР-440-В-213 на АЭС Ловииса, Финляндия;

2 блока ВВЭР-440-В-189 на Нововоронежской АЭС, Россия;

2 блока ВВЭР-440-В-230 на Кольской АЭС, Россия.

Среди этих шести блоков лишь два блока на финской АЭС отвечают украинским реакторам Ровенской АЭС, на которых процесс продления эксплуатации будет проводиться в первую очередь (дата окончания проектного срока эксплуатации 1-го блока РАЭС – 2010 год, 2-го блока – 2011 год).

Но первый и второй блоки РАЭС тоже не соответствуют финским, поскольку в начальную конструкцию ВВЭР-440-В-213 не раз вносили изменения для повышения безопасности АЭС.

Более того, все работы по продлению срока эксплуатации блоков ВВЭР разных типов выполнялись преимущественно российскими специалистами при участии финских специалистов на АЭС Ловииса. До работ на РАЭС частично привлечены и российские эксперты, но те, которые занимались блоками немного другой конструкции, а именно ВВЭР-440-В-230 на Кольской АЭС.

Из вышеприведенных фактов становится понятно, что компания НАЭК „Энергоатом“ будет продлевать работу ядерных энергоблоков, не имея соответствующего опыта. Также и иностранные специалисты, которые будут им помогать, не имеют опыта работы конкретно с украинскими реакторами.

История ядерной индустрии показывает, что даже десятилетний опыт не гарантирует безопасное выполнение работ в этой сложной отрасли. Фактически работы по увеличению периода эксплуатации старых энергоблоков являются экспериментом, а эксперименты в ядерной энергетике угрожают огромной опасностью для людей и окружающей среды.

Также стоит отметить, что почти аналогичные блоки ВВЭР-440 на АЭС Норд (Германия) были закрыты сразу после объединения За-

падной и Восточной Германии. По требованию членов Европейского Союза была прекращена эксплуатация энергоблоков ВВЭР-440 на АЭС Козлодуй в Болгарии при вступлении этой страны в ЕС.

6. Особенности организации продления эксплуатации АЭС в Украине

Атомная отрасль Украины ежегодно все больше вреда наносит народному хозяйству страны, накапливая огромные объемы радиоактивных отходов, а также ставит в зависимость от иностранных поставщиков технологий и ядерного топлива. Но главное, что АЭС и инфраструктура, которая их обслуживает, представляют постоянную угрозу для населения и окружающей среды.

Необходимые выводы из аварии на Чернобыльской АЭС не были сделаны. Не преодолев последствий катастрофы на ЧАЭС, украинские чиновники создают новые ядерные угрозы. Украина тратит огромные финансовые ресурсы и время на нереальные с экономической и политической точек зрения планы по строительству новых ядерных мощностей и новой ядерной инфраструктуры⁵⁵, не уделяя внимания мероприятиям по энергосбережению и развитию современных источников энергии.

Такие проекты, как строительство завода по изготовлению ядерного топлива, строительство централизованного хранилища ОЯТ, строительство новых ядерных мощностей – нуждаются в утверждении парламентом Украины, а также политическом согласии соседних стран и поэтому очень сложные в реализации. Однако процесс продления эксплуатации старых АЭС, в соответствии с украинским законодательством, не требует огромных организационных усилий (подробнее в разделах 4.6.1 и 6.7).

6.1. Влияние общественности на ПТЭ ядерных реакторов

Как показывают объективные исследования⁵⁶, большинство населения Украины негативно воспринимает намерения правительства относительно продления сроков эксплуатации уже существующих энергоблоков. Такое мнение основывается преимущественно на не-

55. Энергетическая стратегия Украины до 2030 года.

56. Аналитический отчет по результатам исследования „Основные проблемы ядерной и радиационной безопасности, осведомленность и информационные потребности жителей разных регионов Украины“ выполнен Аналитическим центром „Социоаналитик“ по заказу ГКЯР в 2009 году.

доверии к качеству проведения соответствующих мероприятий и потенциальной опасности для населения, вызванной повышением риска аварий в связи с техническим и моральным износом оборудования. К сожалению, согласно современному законодательству мнение населения по данному вопросу не учитывается (подробнее в разделе 6.7). Однако в отличие от, например, России украинской общественности удалось добиться большей прозрачности в процессе (подробнее в разделе 7).

6.2. Выполнение программы продления

Согласно „Стратегии развития энергетического сектора до 2030 года“ в Украине будет продлена работа 13 из 15 действующих ядерных энергоблоков⁵⁷. Несмотря на то что официальная энергетическая стратегия постоянно подвергается критике, не соответствует европейским нормам⁵⁸ и имеет ряд более реалистичных альтернатив⁵⁹, Кабинетом Министров Украины 29 апреля 2004 года был принят документ „Комплексная программа работ относительно продления срока эксплуатации действующих энергоблоков атомных электростанций“.

Основными аргументами, которые выдвигают правительственные чиновники для оправдания этого шага, есть то, что ПТЭ ядерного энергоблока в дальнейшем даст возможность получать дешевую атомную электроэнергию в нужных объемах и позволит накопить средства на закрытие блока, когда исчерпается его ресурс.

По информации Государственного комитета ядерного регулирования Украины, с самого начала принятия программы⁶⁰ ее выполнение шло крайне неудовлетворительно. Теперь, когда до конца срока эксплуатации 1-го энергоблока Ровенской АЭС⁶¹, который значителен первым в очереди на ПТЭ, осталось меньше года, ситуация в целом не изменилась⁶².

57. Энергетическая стратегия Украины до 2030 года.

58. Хмара Д.О. „Сравнительный анализ экологической составляющей в энергетических стратегиях Украины и Европейского Союза“. Сборник материалов общественных слушаний совместно с комитетом Верховной Рады Украины по вопросам ТЭК 15 мая 2008, Киев, 2008

59. Всеукраинская экологическая общественная организация „МАМА-86“, Национальный экологический центр Украины, Молодежная экологическая общественная организация „Экоclub“-Ровно, Днепродзержинская общественная экологическая организация „Голос Природы“, Эколого-культурный центр „Бахмат“-Артемовск, Концепция „неатомных“ пути развития энергетики Украины, Киев, 2006, <http://www.necu.org.ua/konceptiya-neatomnogo-shlyaxu-rozvitku-energetiky/>

60. Постановление Коллегии Госатомрегулирувания № 10 от 10 июня 2005 „О ходе выполнения Комплексной программы работ по продлению срока эксплуатации действующих энергоблоков АЭС сверх проектного срок“

61. На ноябрь 2009.

62. Ответ ГКЯР на запрос НЭЦУ к от 20.08.2009 о процессе продления эксплуатации АЭС Украины в сверхпроектный срок, <http://www.necu.org.ua/lyst090917/>

Для продления срока эксплуатации энергоблоков должен быть выполнен ряд сложных работ, таких как: разработка нормативной документации, оценка технического состояния элементов, включенных в „список управления старением“, в том числе корпус реактора, переоценка безопасности, модернизация систем управления и замена оборудования энергоблоков, которое отработало ресурс.

Исходя из полного перечня раздела 2 данного документа, в общем объеме работ нетехнические вопросы занимают значительную часть всего процесса. Самым главным в данном перечне является получение компанией-оператором лицензии регулирующего органа – Государственного комитета ядерного регулирования Украины.

6.3. Технические возможности Украины

Стоит отметить, что невзирая на все технические сложности (подробнее в разделах 2.1 и 4.1), которые возникают перед НАЭК „Энергоатом“, лицензию на продленный срок эксплуатации блока № 1 РАЭС будет получено, по политическим причинам. Ниже рассмотрен ряд технических проблем.

6.3.1. Анализ состояния энергоблоков

Реально в атомной энергетике Украины не используют ускоренные испытания и не проводят работы в стендовых условиях, все работы на АЭС ведутся путем анализа процесса изменения параметров⁶³. Фактически это не глубокий анализ, который используют в мире, а сбор статистических данных. Раньше в Украине была база данных по тренд показателям надежности из-за старения. Сегодня такой базы данных нет.

Как уже рассматривалось в разделе 4.1.1, современная методика определения состояния элементов реактора не может дать 100% гарантию достоверности, и даже ее в Украине не спешат выполнять⁶⁴. Поэтому о реальном состоянии старых реакторов станет известно лишь после аварии, когда уже поздно делать оценки.

6.3.2. Процесс замены комплектующих

Узлы украинских атомных реакторов разрабатывались и изготавливались во времена СССР, то есть в других политических и экономи-

63. Ястребенецкий М. Я., „Управление старением критических систем“, Государственный НТЦ по ядерной и радиационной безопасности, Украина.

64. Постановление Коллегии Госатомрегулирования № 4а от 24 июня 2004 „О состоянии работ по обоснованию безопасной эксплуатации корпусов реакторов АЭС Украины.

ческих условиях. В современных условиях атомной отрасли приходится конкурировать с другими энергетическими отраслями. В таких условиях НАЭК „Энергоатом“ пытается сэкономить на расходах, в том числе на комплектующих⁶⁵, что приводит к чрезвычайно опасным авариям⁶⁶. Исходя из выше приведенного, следует ожидать, что новые детали не будут отвечать необходимому уровню качества, а это повлечет снижение уровня безопасности АЭС. И плюс к этому одновременная эксплуатация старого и нового оборудования, а также быстрое разрушение соединительных швов на украинских АЭС. Более обстоятельно эти вопросы рассмотрены в разделах 4.1 и 4.2.

6.3.3. Проектная документация

В последние годы по требованию Европейских государств Украина проводила мероприятия по повышению безопасности АЭС. Во время таких модернизаций появляются отклонения от начального проекта. Для планирования и проведения комплексных работ просто необходимо иметь актуальную документацию на действующую АЭС. В разделе 4.4 указывалось, что, как видно из практики аналогичных проектов в России⁶⁷, наличие документации является одной из главных проблем. Отклонение проектной документации от реальных конструкций приводит к необходимости изменять предварительно утвержденные мероприятия, которые планировались по устаревшим документам, что влечет за собой дополнительные расходы.

6.3.4. Технические проблемы узлов ядерной энергетической установки

Корпуса украинских реакторов, как показывают исследования⁶⁸, под действием повышенных температур и радиоактивного излучения разрушаются значительно быстрее, чем было запланировано проектом. Повышенную опасность составляют такие элементы, как верхняя крышка⁶⁹, материалы активной зоны, сварные швы, крышка корпуса.

65. http://www.atom.gov.ua/ua/news/nngc?_m=pubs&_t=rec&_c=view&id=18567

66. <http://atom.org.ua/?p=774>

67. А.В. Корнев, ОАО „Головной институт „ВНИПИЭТ“, „Опыт проведения комплексного инженерно-радиационного обследования объектов использования атомной энергии для обеспечения вывода их из эксплуатации“, доклад на конференции „Вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Концептуальные аспекты и практический опыт“, „ВЫВОД-2009“ Москва, 2 - 5 июня 2009.

68. Э. У. Гриник, В. М. Ревко, Л. И. Чирко, Ю. В. Чайковский, „Оценка вязкости разрушения корпусных материалов реактора ВВЭР-1000“, Институт ядерных исследований, Киев.

69. М.А. Ляхов, Определение перспективных направлений в совершенствовании корпуса ядерного реактора, Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості.

Кроме того, из-за недостатка водных ресурсов для работы украинских АЭС (подробнее в разделе 6.5.1) постоянно возникают проблемы с трубопроводами, парогенераторами. Из всех ВВЭРов в мире из-за коррозии лишь на Южноукраинской АЭС и Балаклавской АЭС (Россия) возникли серьезные проблемы с парогенераторам.⁷⁰ Фактически на Южноукраинской АЭС ситуация с безопасностью первого и второго контуров ядерной установки едва ли не худшая в мире.

6.3.5. Модернизация систем управления

Украинский оператор АЭС при продлении срока эксплуатации не планирует заменять существующие системы управления, аварийной защиты и контроля согласно международным требованиям безопасности, как это было сделано, например, при продлении работы АЭС в России и Финляндии (об этом процессе подробнее в разделе 4.5). То есть системы управления украинских АЭС совсем не будут учитывать тот факт, что реакторы будут эксплуатироваться в неподвижные проектом сроки.

6.4. Безопасность проведения работ

НАЭК „Энергоатом“ не отчитывается о дозовых нагрузках во время проведения работ по продлению эксплуатации ядерных реакторов. Во сколько Украине обойдется продление эксплуатации не в финансовом аспекте, а в здоровье работников АЭС и подрядных организаций, которые выполняют работы, сегодня не известно и никак не комментируется ни Государственным комитетом ядерного регулирования Украины, ни Министерством топлива и энергетики Украины, ни НАЭК „Энергоатом“.

6.5. Наличие природных ресурсов для работы энергоблоков АЭС сверх проектного срока

Для работы атомных электростанций необходимы значительные природные ресурсы. Поскольку при эксплуатации АЭС возникает повышенная опасность, то, соответственно, все природные ресурсы, задействованные в процессе ее работы, можно считать выведенными из народного хозяйства.

70. Работоспособность теплообменных труб и управление ресурсом парогенераторов АЭС с ВВЭР С.Е. Давиденко, Н.Б. Трунов, В.А. Григорьев, С.И. Брыков, В.С. Попадчук, ФГУП ОКБ „ГИДРОПРЕСС“, г. Подольск.

6.5.1. Проблемы обеспечения водными ресурсами атомных электростанций

Все действующие АЭС Украины остро ощущают проблему водоснабжения. Фактически приблизительно 5% всех пресных водных ресурсов пропускают через АЭС. Украина относится к странам, „бедным“ на водные ресурсы, и такое мотовство просто недопустимо.

Во время строительства украинских ядерных энергогенерирующих мощностей не принимались во внимание права населения, проживающего вблизи АЭС, а также не уделялось надлежащего внимания безопасной эксплуатации АЭС. Перед ядерной промышленностью стояли прежде всего военные цели.

В последние годы на территории Украины ощущается изменение мирового климата. Ежегодно уменьшается количество водных запасов, а в летний период вода нагревается до температуры, которая уже не способна охлаждать реакторы. В таких условиях значительно повышаются риски аварии на АЭС.

6.5.1.1. Проблема использования воды на АЭС

АЭС, принадлежа к наибольшим потребителям водных ресурсов, почему-то были расположены, согласно планам выбора площадок еще руководством СССР, в основном в наименее обеспеченных водными ресурсами областях Украины: Ровенской, Хмельницкой, Николаевской. Запорожская АЭС для охлаждения вообще использует воды Каховского водохранилища, что ставит под угрозу жизни свыше 20 млн украинцев в южных регионах Украины. Такая ситуация всегда порождала ряд острых проблем как для самой энергетики и водохозяйственного комплекса, так и для местного населения. Однако энергетическая стратегия была разработана спустя 20 лет после строительства АЭС, во времена уже независимой Украины. Поэтому удивляет, что ее разработчики „забыли“ о дефиците водных ресурсов и о том, что вода необходима не только для потребностей энергетики.

Наиболее критическая ситуация сложилась на Южном Буге в Николаевской области, где, по информации Министерства охраны окружающей среды Украины, вследствие поддержания санитарного уровня в Александровском водохранилище в засушливое лето 2006 года произошло обезвоживание русла реки на протяжении многих километров ниже дамбы. И это при том, что на Южноукраинской АЭС работают только 3 энергоблока АЭС (при запланированных 6-ти) и построен пусковой комплекс Ташлицкой гидроаккумулиру-

ющей электростанции (ГАЭС). Причем летом один из энергоблоков обязательно отключен именно из-за проблем с водоснабжением. В Доманівському районі області в результаті достройки Ташлицької ГАЭС наблюдается подтопление сільськогосподарських угідь, що ложиться непосильним бременем на населення і керівництво району. В цілому в час перебудови комплексу були грубо порушені численні вимоги законодавства України, незаконно знищені заповідні території, культурні пам'ятки світового значення, що підтверджують відповідні експертні висновки і акти.

В верхов'ї р. Горинь розташована Хмельницька АЕС, де по запланованому ставу на межі з Рівненською областю стік річки розрахункового року становить 282 млн м³, з яких 196 млн м³ повинні залишатися в річці для водопотребителів, що знаходяться нижче по течії. Для охолодження 4 блоків Хмельницької АЕС дозволено побудувати пруд-охладитель об'ємом 86 млн м³, який повинен заповнюватися лише в весняний період. В зв'язі з тим, що для охолодження 4-х блоків потрібно 120 млн м³ води в рік, заповнити водохранилище в маловодний рік за рахунок наводнення неможливо. Таким чином, будувати нові блоки на ХАЕС, не руйнуючи при цьому екосистему Горині, теж неможливо.

Рівненська АЕС розташована в середній течії р. Стир, де річний стік розрахункового маловодного року становить близько 220 млн м³ (середньорічний витрат 7 м³/сек.). Для охолодження Рівненської АЕС узгоджено забір води з річки в об'ємі 73 млн м³ (2,32 м³/с). В зв'язі з дефіцитом води в р. Стир в маловодний період подальша достройка Рівненської АЕС є неможливою.

Запорізька АЕС розташована на лівому березі Каховського водохранилища в 10 км від водозабора г. Нікополя і в 100 км вище водозабора Каховського магістрального каналу. Безповоротне водопотреблення станції 144 млн м³, а з урахуванням Запорізької ДРЕС близько 320 млн м³ в рік. Вплив цих об'єктів на водохранилище, вода з якого використовується в якості питтєвої, до сих пір не вивчено. В той же час, за даними незалежних експертів і громадських організацій, Запорізька АЕС з 2005 р. переведена на проточну систему охолодження енергоблоків за рахунок дніпровської води.

Через проблеми з нестатком водних ресурсів для роботи українських АЕС постійно виникають проблеми з трубопроводами, парогенераторами і іншим обладнанням.

6.5.1.2. Использование воды для гидроаккумулирующих электростанций

Кроме использования воды непосредственно на АЭС, значительные водные ресурсы необходимы для работы атомной энергетики в целом. Специфика строения украинских ВВЭРов такова, что они не могут оперативно уменьшать свою мощность, потому для выравнивания суточных изменений мощности потребления вместе с АЭС необходимо строить ГАЭС. Для их работы требуются огромные объемы воды, а также значительные территории, которые необходимо затопить при строительстве станции.

6.5.2. Проблемы на площадках украинских АЭС

Площадка Ровенской атомной электростанции была выбрана не очень удачно, поскольку она размещена на почве, содержащей многочисленные карстовые образования. В период строительства и введения в эксплуатацию Ровенской АЭС (правый берег р. Стыр) в 1980–1984 гг. произошла активизация растворения мелово-мергельной толщи и формирования ослабленных зон в покровных отложениях. Об этом свидетельствуют многочисленные провалы гравитационного типа разных размеров, в основном на территории собственно промплощадки АЭС и, как обычно, под массивными бетонными блоками основных конструкций⁷¹. Интенсивное появление провалов создало серьезную угрозу для дальнейшего строительства и эксплуатации стратегического объекта и требовало проведения ряда экстренных, чрезвычайно дорогостоящих мероприятий.

На данных участках постоянно ведутся работы по стабилизации сооружений. Однако нет никаких гарантий, что вследствие очередного проседания почвы не будет повреждена ядерная установка и не произойдет выброс радиации. Самым лучшим решением было бы прекратить эксплуатацию ядерных реакторов, когда закончится срок их эксплуатации, но НАЭК „Энергоатом“ игнорирует эту опасность.

6.6. Экономические особенности ПТЭ ядерных установок в Украине

Украине „повезло“ с ядерной отраслью, поскольку она получила ее в „наследство“. В тариф на выработку киловатт-часа от атомных

71. Пелешенко В.И., Закревский Д.В., Хильчевский В.К. и др. Уровенный и гидрохимический режимы на осушительной системе “Верховье р. Стыр” // Физ. география и геоморфология, – 1980. –Вып. 24. – С. 74–80.

электростанций не включена стоимость строительства самих электростанций. Однако после мероприятий ПТЭ и при строительстве новых мощностей тариф должен учитывать эти расходы. То есть себестоимость электроэнергии от продленных или новых блоков должна быть дороже, чем от работающих АЭС.

Другой аргумент представителей НАЭК „Энергоатом“, что увеличение срока работы АЭС позволит накопить деньги в фонд вывода их из эксплуатации, также вызывает сомнения. Такие заявления слышны уже больше десяти лет, однако средства в фонде так и не появились.

6.6.1. Стоимость работ

Расходы на мероприятия по продлению срока эксплуатации действующих энергоблоков АЭС осуществляются в соответствии с законодательством за счет инвестиционной составляющей тарифа, а именно – амортизационных отчислений, ремонтного фонда в части расходов, связанных с увеличением основных фондов и отнесенных к валовым расходам на производство электрической энергии.

По предварительным оценкам отечественных специалистов, расходы по продлению срока эксплуатации одного энергоблока мощностью 1000 МВт должны были обойтись в 50–80 млн дол. США⁷². Исследование МАГАТЭ показывает огромные расхождения в экономических расчетах.

Основанный на анкетных данных, полученных от операторов АЭС из двенадцати стран, диапазон расходов может составить 120–680 млн долларов за блок 1000 МВт. Однако здесь рассчитана лишь часть расходов. Данные о расходах наводятся в общем виде, конкретные АЭС не указываются по соображениям конфиденциальности в связи с конкуренцией на энергетическом рынке разных стран.

Кроме этих расчетов, были опубликованы данные по проектам ПТЭ некоторых стран. На венгерской АЭС Пак двадцатилетнее продление срока службы четырех реакторов ВВЭР обойдется приблизительно в 1,1 млрд евро⁷³. Продление на 15 лет срока службы двух реакторов первого поколения на Кольской АЭС обойдется в 230 млн долларов за оба блока⁷⁴.

Как видно, предварительная оценка украинскими специалистами расходов на ПТЭ энергоблоков ниже в 2–4 раза, чем показывает ми-

72. Е.Д.Домашов Ядерная энергетика – основа энергетической и экономической безопасности Украины. сб. “ Політичні, економічні проблеми енергетичної безпеки ”, 2001, с. 18-24.

73. Nucleonics Week 47_04

74. Nucleonics Week 33_04

ровой опыт. В действительности стоимость продления работы украинских АЭС оказалась самой дорогой в мире (раздел 6.6.8)!

6.6.2. Соккрытие реальных расходов

Здесь следует отметить, что часть работ по продлению эксплуатации уже выполняют в рамках программы повышения безопасности украинских АЭС. В рамках этой программы в 2006–2008 гг. было израсходовано свыше 200 млн долларов⁷⁵. Еще около 100 млн долларов потрачено в 2009-м году. Работы выполняются не только за счет собственных средств АЭС, но и с привлечением кредитных ресурсов ЕБРР и Евроатома. Это позволяет скрыть реальные расходы на процесс ПТЭ. Однако даже эти мероприятия не позволяют говорить об экономической рациональности таких операций.

6.6.3. Перерасходы

При выполнении работ НАЭК „Энергоатом“ часто возникает проблема перерасходов средств. Эта ситуация является общей для всей мировой ядерной энергетики⁷⁶. В частности, почти ежегодно возникают скандалы, связанные с проверками атомных предприятий Национальной комиссией регулирования электроэнергетики Украины (НКРЭ) о нарушении компанией условий лицензии через несоблюдение структуры тарифа, которую утверждала комиссия, перерасходы средств и неполное выполнение отдельных статей расходов^{77,78}. Поэтому при рассмотрении финансовых вопросов, связанных с производством ядерной электроэнергии, следует иметь в виду^{79,80}, что предварительные оценки будут превышены.

6.6.4. Злоупотребления в атомной отрасли

Еще одной проблемой, влияющей на финансовые показатели ядерного сектора, является злоупотребление средствами компании должностными лицами НАЭК „Энергоатом“⁸¹. Многочисленные проверки Службой безопасности Украины, Налоговой инспекцией и

75. Концепции повышения безопасности действующих энергоблоков атомных электростанций „(КПБ), одобренной Распоряжением Кабинета Министров Украины № 515-р от 13 декабря 2005, <http://www.rnpp.rv.ua/virobnictvo/modernizacija/>

76. <http://atom.org.ua/?p=651>

77. <http://www.pravda.com.ua/news/2006/7/10/44228.htm>

78. http://www.atom.gov.ua/ru/media/nnegc.html?_m=pubs&_t=rec&id=9639

79. <http://www.pravda.com.ua/news/2006/7/10/44228.htm>

80. http://www.atom.gov.ua/ru/media/nnegc.html?_m=pubs&_t=rec&id=9639

81. <http://www.day.kiev.ua/73905/>

Прокуратурой Украины, показывают^{82,83,84}, что компании в целом и отдельным АЭС были нанесены убытки в сотни миллионов гривен. Из этого понятно, почему не выполнялись^{85,86} необходимые мероприятия по повышению безопасности и ПТЭ АЭС.

6.6.5. Накопление средств на вывод из эксплуатации

Одним из аргументов компании НАЭК „Энергоатом“ относительно необходимости ПТЭ ядерных энергоблоков является отсутствие средств на их вывод из эксплуатации. Компания утверждает, что дополнительные годы эксплуатации дадут возможность накопить средства для закрытия АЭС⁸⁷.

Однако такие заявления не вызывают доверия, поскольку высказывались представителями ядерной отрасли и Министерства топлива и энергетики Украины не раз^{88,89}, но средств до сих пор так и нет⁹⁰. Это при том, что процесс вывода из эксплуатации ядерных энергоблоков нуждается в значительных финансовых ресурсах⁹¹ и его стоимость может превышать стоимость строительства нового энергоблока АЭС. Хотя в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ и международной практикой, формирование финансовых резервов для вывода из эксплуатации ядерного энергоблока и захоронения РАО должно начинаться одновременно с его введением в эксплуатацию и осуществляться в течение всего срока эксплуатации ядерного энергоблока. Более того, в ст. 22 Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработанным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами (ратифицирована Законом Украины от 20.04.2000) предусмотрено создание надежных источников финансирования мероприятий по обеспечению ядерной безопасности. То есть Украина сегодня просто нарушает международное ядерное право.

82. <http://www.pravda.com.ua/news/2002/8/16/24487.htm>

83. <http://ua.pravda.com.ua/archive/2003/august/4/news/8.shtml>

84. <http://ura-inform.com/economics/2008/05/30/energetika/>

85. Постановление Коллегии Госатомрегулирования № 10 от 10 июня 2005 „О ходе выполнения Комплексной программы работ по продлению срока эксплуатации действующих энергоблоков АЭС сверх проектного срок“

86. Постановление коллегии Госатомрегулирования № 7 от 24 апреля 2007 16 мая 2007 „О состоянии выполнения мероприятий по продлению эксплуатации энергоблоков АЭС в сверх срока“.

87. Комплексная программа работ по продлению срока эксплуатации действующих энергоблоков атомных электростанций, утвержденная Распоряжением КМУ от 29 апреля 2004 № 263-р.

88. <http://www.chornobyl.net/ua/index.php?newsid=1203430521>

89. <http://jeynews.com.ua/articles/d6/240>

90. НАЭК „Энергоатом“, http://energoatom.kiev.ua/ua/news/nngc?_m=pubs&_t=rec&_c=view&id=15678

91. Б.Т. Тимофеев ЦНИИ КМ „Прометей“, А.О. Зотова, ЦНИИ КМ „Прометей“, Журнал „Атомная стратегия“, № 24, август 2006 г., Материаловедение, „Стойкая к радиации“.

6.6.6. Дополнительные объемы ядерных отходов

В Украине до сих пор не создана единая государственная система обращения с радиоактивными отходами (РАО) и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), как этого требуют положения ядерного законодательства (Закон Украины „Об обращении с радиоактивными отходами“) и международные обязательства Украины. Сегодня Украина не осуществляет никакие инвестиции в создание собственной инфраструктуры для последующей безопасной изоляции ОЯТ и РАО. На сегодня темпы накопления РАО в Украине значительно выше возможностей их обезвреживания. По предварительным оценкам, которые основываются на расчетах, проведенных другими государствами, где эксплуатируются подобные реакторы, стоимость комплексного решения вопроса ОЯТ составляет как минимум 10—20 млн долларов США в год для одного реактора типа ВВЭР 1000. Также до сих пор не осуществляется накопление финансовых ресурсов для обращения с радиоактивными отходами, которые образуются при эксплуатации АЭС⁹².

Если принимать во внимание, что НАЭК „Энергоатом“ собирается продлевать работу энергоблоков с 30 до 45 лет, то это значить, что фактически атомная энергетика будет работать в полутора раза дольше, чем проектировалось, и, соответственно, приблизительно во столько же раз возрастет количество разных РАО. То есть общий объем РАО в Украине достигнет 200 млн тонн. Обезвреживание такого объема опаснейших отходов будет стоить больше, чем ядерная отрасль заработала за все время своего существования.

6.6.7. Страхование старых ядерных энергоблоков

К указанным в разделах 6.6.1 – 6.6.6 расходам также необходимо прибавить увеличение отчислений в Страховой ядерный пул. Подписанная Украиной Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный вред требует от НАЭК „Энергоатом“ страховать ядерные риски⁹³. Если же будет продлена эксплуатация старых энергоблоков, это будет значить, что повысятся риски от предприятий компании, что повлечет дополнительные расходы на страхование.

92. Постановление Коллегии Госатомрегулирования № 34 от 15 декабря 2005 16 декабря 2005, Постановление коллегии от 15 декабря 2005г. № 34

93. Nuclear Risk Insurers Limited, <http://www.nuclear-risk.com/home.asp>

6.6.8. Подсчет экономической целесообразности ПТЭ ЯУ

НАЭК „Энергоатом“ не дает прозрачного экономического обоснования ПТЭ ядерных энергоблоков Украины. Компания приводит лишь расчеты, которые базируются на сравнении тарифов для тепловой и ядерной электроэнергетики, а также на том факте, что для вывода из эксплуатации энергоблока нужно 2,5 миллиона долларов. Исходя из этих данных, НАЭК „Энергоатом“ утверждает, что закрытие энергоблока повлечет убытки в размере приблизительно 42 млн долларов в год⁹⁴. То есть за 15 лет в случае закрытия 1-го энергоблока АЭС не дополучит 630 млн долларов потенциальной прибыли.

По состоянию на октябрь 2009 года работы по ПТЭ на 1-м блоке Ровенской АЭС уже ведутся. НАЭК „Энергоатом“ сообщает, что „объем расходов обоснованно в технико-экономическом расчете (ТЕР), одобренном Минтопливэнерго Украины, и на сегодняшний день не превышает уровня, установленного международной практикой, и может составлять до 680 долларов на киловатт установленной мощности АЭС“⁹⁵. То есть стоимость ПТЭ 1-го атомного энергоблока РАЭС мощностью 440 Мвт может составить около 300 млн дол., что в разы превышает международную практику ПТЭ аналогичных ядерных энергоблоков. Кроме этого, „Энергоатом“ совсем не учел, что дальнейшая работа АЭС требует дальнейшей закупки топлива для блока, а это составит как минимум 600 млн долларов за 15 лет⁹⁶, а также отправки отработавшего топлива в Россию (или уплата взносов на строительство ЦХОЯТ, в случае его строительства), которая обойдется минимум в 300 млн долларов. Здесь стоит еще раз подчеркнуть тот факт, что стоимость свежего топлива и отправки ОЯТ на переработку стремительно растет, потому последние две цифры расходов могут увеличиться вдвое уже в следующие три года⁹⁷.

94. Ответ ГП НАЭК „Энергоатом“ на обращение Национального экологического центра Украины (письмо от 15.03.2010 № 125-1/60) http://energoatom.kiev.ua/ua/news/nngc?_m=pubs&_t=tec&id=25415

95. Ответ на письмо НЭЦУ к НАЭК „Энергоатом“ по вопросам продления работы ядерных энергоблоков в сверх срок, <http://www.necu.org.ua/lyst-0911-ponadproektniy-termin-ekspl-aes/>

96. Ольга Кошарна, „Проблемы и перспективы развития атомно-энергетического комплекса Украины“, <http://www.atomnews.info/?T=0&MID=62&Id=62&NID=1214>

97. Журнал „Экспрет“, №46 (95), 2009, „Ответный ядерный удар“

Таблица 6.1 Потери, которые понесет НАЭК „Энергоатом“ при разных сценариях для 1-го энергоблока РАЭС

Продление работы реактора		Закрытие реактора	
Статьи расходов за 15 лет	\$	Статьи расходов за 15 лет	\$
Проведение работ по ПТЭ	? 300 млн	Возможные потери через „Энергорынок“	630 млн
Закупка свежего топлива	Свыше 600 млн	Вывод из эксплуатации	Свыше 37,5 млн
Переработка ОЯТ	300 млн		
Увеличение страховых взносов	?		
Накопление дополнительных РАО	?		
Вывод из эксплуатации	Свыше 37,5		
Всего	Свыше 1 237,5 млн	Всего	667,5 млн

В данной таблице приведена минимальная стоимость вывода АЭС из эксплуатации. В действительности этот процесс по стоимости может превышать строительство новых энергоблоков. Однако, после 15 лет работы реактора в сверхпроектный срок, стоимость его закрытия лишь увеличивается.

Из вышеприведенных фактов очевиден вывод, что никакой экономической целесообразности в продлении срока эксплуатации АЭС нет. К тому же мы практически не учли дополнительные расходы, которые будет нести „Энергоатом“, описанные в разделах 6.6.2 – 6.6.7, то есть реальная ситуация будет значительно хуже.

Такая экономическая авантюра сходит НАЭК „Энергоатом“ с рук, поскольку компания имеет право в одностороннем порядке принимать решение о ПТЭ старых энергоблоков, а Государственный комитет ядерной регуляции Украины, который выдает лицензии на сверхпроектные сроки эксплуатации, не имеет возможности контролировать финансовые вопросы.

6.7. Законодательные аспекты процесса ПТЭ

Для своевременного получения лицензии на продление срока безопасной эксплуатации энергоблоков № 1, 2 ВП РАЭС был запла-

нирован определенный перечень работ⁹⁸. Однако если даже к наступлению конца срока эксплуатации энергоблока все необходимые технические работы не будут выполнены, то блок будет находиться в состоянии ремонта, пока все работы не будут завершены, а тогда уже ГКЯР выдаст лицензию на дальнейшую эксплуатацию. То есть процесс вывода из эксплуатации сегодня даже не рассматривается, хотя по закону должно быть именно так.

Другой важной проблемой является сама процедура ПТЭ. Как уже упоминалось, в большинстве демократических стран для продления срока эксплуатации ядерных энергоблоков оператор готовится ОВОС⁹⁹, что предусматривает привлечение общественности к процессу обсуждения процесса ПТЭ энергоблоков АЭС. В Украине для продления эксплуатации энергоблоков ОВОС не представляли и, соответственно, общественность привлечена не была. Хотя согласно статье 50 Конституции Украины каждый гражданин Украины имеет право на безопасную для жизни и здоровья окружающую среду, в частности, выполнение обязательств государства относительно достижения баланса между интересами общества и правами лица при внедрении современных ядерных и радиационных технологий.

Но главным документом для принятия решения о ПТЭ энергоблока во всех цивилизованных странах является подготовка такого документа, как Техничко-экономическая оценка. Настоящий документ должен быть началом рассмотрения возможности ПТЭ и является основой для принятия решений о начале финансирования данных проектов (подробнее об этом в разделах 4.2 и 4.8). В Украине подготовка к работам по ПТЭ началась еще в 2004 году, по состоянию на 2009-й год уже ведутся работы на 1-м энергоблоке Ровенской АЭС, но до сих пор не представлена ТЭО или иной аналогичный документ. Именно отсутствие в Украине общемировой практики принятия решения по ПТЭ ядерных энергоблоков и позволяет НАЭК „Энергоатом“ реализовывать неадекватные с экономической точки зрения проекты.

Такая ситуация в Украине стала возможна в результате изменений, внесенных в Закон Украины от 08.09.2005 „О порядке принятия решений о размещении, проектировании, строительстве ядерных установок и объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, которые имеют общегосударственное значение“ (относительно усовершенствования процедуры принятия решений)“, инициированных депутатами Мартиненко

98. <http://www.mpp.rv.ua/virobnictvo/prodovzhennja-resursu/>

99. http://www.energoatom.kiev.ua/ru/media/nnegc.html?_m=pubs&_t=rec&id=22787

М.В. и Тулубом С.Б. и принятых Верховной Радой Украины 25 июня 2009 года.

Проектом Закона „О внесении изменений в Закон Украины „О порядке принятия решений о размещении, проектировании, строительстве ядерных установок и объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, которые имеют общегосударственное значение“ (относительно усовершенствования процедуры принятия решений)“ № 3562 от 04.02.2009 внесены изменения в ст. 6 „Принятие решений относительно продления срока эксплуатации существующих ядерных установок и объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, которые имеют общегосударственное значение“. В текст статьи были внесены следующие изменения, имеющие очень важные последствия, а именно:

„Решение относительно продления срока эксплуатации существующих ядерных установок принимается в том же порядке, что и решение о строительстве ядерных установок“ было заменено более выгодной для НАЭК „Энергоатом“ формулировкой:

„Решение относительно продолжения срока эксплуатации существующих ядерных установок принимается органом государственной регуляции ядерной и радиационной безопасности“.

Эти изменения привели к тому, что сегодня продление работы ядерных реакторов сверх проектного срока является частным делом НАЭК „Энергоатом“. Этой компании теперь не нужно обоснованно доказывать представителям народа в Верховной Раде и правительстве страны целесообразность продления работы старых энергоблоков с точки зрения экономики, энергетической и экологической безопасности. Также „Энергоатом“ имеет право не проводить никаких консультаций с общественностью, как это было предусмотрено законом до внесения в него изменений.

Кроме этого, действующая редакция Закона № 2861-IV от 08.09.2005 нарушает ряд других законодательных актов. Прежде всего это Конвенция о доступе к информации, участие общественности в процессе принятия решений и доступ к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Оргуская конвенция), где общественности гарантируется участие в принятии решений в ядерной отрасли.

Также нарушается Постановление Кабинета Министров Украины от 18 июля 1998 г. № 1122 „Об утверждении Порядка проведения общественных слушаний по вопросам использования ядерной энергии и радиационной безопасности“, а именно ст. 1 и 3, в которых четко указано, что проекты законодательных актов и программ в

сфере использования ядерной энергии должны проходить через консультации с общественностью, что не было сделано для программы продления срока работы реакторов.

Имеются также нарушения статей 11, 17, 20 Закона Украины „Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности“, в которых указано, что граждане и их объединения имеют право на участие в процессе обсуждения программ в сфере ядерной энергетики и что Верховная Рада принимает эти программы, а местные органы власти обеспечивают проведение референдума. Ни одно из этих положений не было выполнено.

7. Необходимость продления эксплуатации реакторов с точки зрения энергобезопасности Украины

На сегодняшний день энергетика Украины находится в огромной зависимости от АЭС. Приблизительно 50% всей электроэнергии Украины производится на атомных электростанциях, что ставит под угрозу энергетическую безопасность страны.

Главной опасностью ядерной энергетики является то, что на каждом этапе эксплуатации АЭС, начиная с добычи урана для производства ядерного топлива и заканчивая выведением объекта из эксплуатации, образуются опасные радиоактивные отходы. Эти отходы создают огромные риски для населения и окружающей среды, и не только в районе вблизи АЭС. Эти чрезвычайно опасные вещества могут попасть в окружающую среду во время транспортировки, переработки, использования и хранения, а также могут быть использованы террористами.

Не стоит забывать, что и сами АЭС представляют значительную угрозу. Как хорошо видно из разделов 4.1 и 6.3, вероятность аварии на атомных станциях из-за несовершенства конструкций достаточно высокая. Причем эксплуатация ядерных реакторов в сроки, которые превышают установленные проектом, влечет за собой еще большую опасность (раздел 4.1.2).

Как показано в разделе 6.6.6, чтобы обезвредить отходы, наработанные сектором ядерной энергетики, не хватит средств, которые зарабатывают АЭС. То есть экономическая целесообразность использования атомных электростанций в Украине под вопросом. Но благодаря возможности не покрывать все свои расходы, а переложить это на следующее поколение и нежеланию Министерства топлива и энергетики Украины развивать современные источники энергии в Украине атомная энергетика получает значительные привилегии.

Вместо того, чтобы остановить работу атомных электростанций, создающих с каждым годом все больше угроз, для обезвреживания которых необходимо будет тратить значительные ресурсы многим поколениям наших потомков, правительство Украины распорядилось начать процесс продления работы АЭС в сверхпроектные сроки, прикрываясь аргументами, которые не выдерживают критики (раздел 6.2).

В разделе 6.6.8 показано, что экономическая целесообразность ПТЭ ядерных энергоблоков отсутствует. Более того, сегодня электроэнергия большинства ядерных энергоблоков не находит спроса в Украине, также ежегодно падают объемы экспорта электроэнергии в другие страны – в последние четыре года сокращение составляло почти 50% ежегодно¹⁰⁰, что связано со значительным ростом уровня энергоэффективности в соседних странах.

Главным движущим аргументом процесса ПТЭ ядерных реакторов является нежелание руководства Украины повышать энергетическую эффективность экономики государства, поскольку это не возможно без поднятия тарифов на электроэнергию, что является непопулярной мерой. Однако, исходя из того, что Украина не владеет в достаточной мере ядерными технологиями, такой шаг приводит к тому, что наша энергетика продолжает оставаться зависимой от иностранных поставщиков.

Проводя системную работу со СМИ, украинским парламентом, правительством, Государственным комитетом ядерного регулирования Украины¹⁰¹ и общественностью, требуя отчетность от Министерства топлива и энергетики Украины и компании НАЭК „Энергоатом“, удалось добиться того, что в мае 2010 года отделом по работе с общественностью Ровенской АЭС было объявлено о начале процедуры общественного обсуждения этого процесса¹⁰². Кроме этого, НАЭК „Энергоатом“ была вынуждена подготовить подробный документ, который освещает главные аспекты ПТЭ ядерных реакторов. Отчитываясь перед Комитетом Верховной Рады Украины по вопросам топливо-энергетического комплекса, представители ядерной отрасли были вынуждены провести широкую разъяснительную работу относительно процесса ПТЭ реакторов¹⁰³. Комитет ядерного регули-

100. Информационная справка об основных показателях развития отраслей топливно-энергетического комплекса Украины, http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article?art_id=173014&cat_id=35081&showHidden=1

101. Постановление Коллегии Госатомрегулирования № 5 от 8 апреля 2010 „О состоянии работ по продлению эксплуатации энергоблока № 1 Ровенской АЭС в сверх срок“

102. Отдел по работе с общественностью и СМИ ПАЭС, <http://www.rnpp.rv.ua/dodatkovirozdili/novini/novini/browse/1/backPid/25/article/815/>

103. http://energoatom.kiev.ua/ua/news/nngc?_m=pubs&_t=rec&id=25936

рования постановил принимать решение о выдаче лицензии на продленный срок работы 1-го энергоблока РАЭС в декабре в 2010 года непосредственно на площадке АЭС с широким привлечением заинтересованной общественности.

Продление работы старых ядерных реакторов не решит проблем украинской энергетики, а лишь создаст ряд новых. Самым лучшим решением с точки зрения энергетической безопасности Украины на сегодня является выведение из эксплуатации ядерных блоков по окончании срока их проектной эксплуатации. А те деньги, которые тратились на поддержку деятельности АЭС, следует направить на повышение энергоэффективности в промышленности и жилищном хозяйстве.

Об авторах

Энтони Фрогатт – старший научный сотрудник в “Chatham House” (Лондон). Специализируется в основном на изменениях климата, политике ЕС в сфере энергетики и на атомной энергии. Более 20 лет работал в сфере энергетической политики ЕС для неправительственных организаций и аналитических центров, а также в качестве консультанта правительств европейских стран, Европейской комиссии, Европейского парламента и различных предприятий. В “Chatham House” выступил соавтором ряда исследований на темы энергетической и климатической безопасности, а также развития Китая с минимальными выбросами CO₂. Контакт: www.chathamhouse.org.uk

Отфрид Нассауэр – свободный журналист и конфликтолог. С 1991 года руководит Берлинским информационным центром трансатлантической безопасности (BITS). Главные темы его работы – политика в сфере безопасности, международные организации (НАТО, Западноевропейский Союз, ЕС, ОБСЕ, ООН), контроль над вооружениями и их экспортом, разоружение, атомное оружие и его нераспространение. К последним работам относятся исследования политики США, России, Ирана и НАТО в атомной области. Автор многочисленных публикаций. Контакт: www.bits.de

Майкл Шнайдер – независимый эксперт по вопросам политики в области энергетики и атомной энергии. В настоящее время – эксперт программы Агентства США по международному развитию (USAID) ECO-Asia по энергосбережению и политике в области энергетики. В 2000-2009 гг. был экспертом министерства окружающей среды, охраны природы и безопасности реакторов Германии. С 2004 года – преподаватель в рамках магистерской программы International Project Management for Environmental and Energy Engineering высшего учебного заведения Ecole des Mines (Нант, Франция). В 1997 году вместе с Дзинзабуро Така-и стал лауреатом Альтернативной Нобелевской премии.

Генри Сокольски – исполнительный директор информационного центра нераспространения (Nonproliferation Policy Education Center, NPEC) в Вашингтоне. Эксперт для многочисленных американских институтов и политиков. Автор многочисленных публикации. Контакт: www.npolicy.org

Стив Томас – профессор в области энергетических исследований университета Гринвича в Лондоне. Вот уже 30 лет главной темой его работ является международная политика в области энергетики. Общеизвестный знаток процессов либерализации энергетического рынка. Автор многочисленных публикаций. Контакт: www.gre.ac.uk

Дмитрий Хмара - эксперт Национального экологического центра Украины по вопросам энергетики. Занимается вопросами развития альтернативных источников энергии, энергосбережения, а также исследованиями в области ядерной энергетики в Институте общей энергетики Национальной академии наук Украины. Автор публикаций по реформированию энергетического сектора Украины. Контакты: www.atom.org.ua

Сокращения и глоссарий

ABWR	Advanced Boiling Water Reactor – усовершенствованный водяной кипящий реактор
ACR	Advanced CANDU Reactor – усовершенствованный реактор типа CANDU
AECL	Atomic Energy of Canada Limited – компания „Атомная энергия Канады Лтд“
AGR	Advanced Gas-cooled Reactor – усовершенствованный газоохлаждаемый реактор
AP	Advanced Passive – легководный реактор компании „Вестингхаус“
ASE	Российская компания „Атомстройэкспорт“
BWR	Водяной кипящий реактор
CE	Combustion Engineering – американская компания
CEGB	Central Electricity Generating Board – Центральный совет по выработке электроэнергии (Великобритания)
Coface	Compagnie Francaise d'Assurance pour le Commerce Extérieur – французское государственное экспортно-кредитное агентство
COL	Разрешение на строительство и эксплуатацию
DCF	Discounted Cash Flow – окупаемость капиталовложений по дисконтированным затратам
DOE	Министерство энергетики США
EDF	Electricite de France – французская государственная компания
EIA	Агентство энергетической информации (США)
ENEL	Ente nazionale per l'energia elettrica – итальянская государственная компания
EPR	European Pressurized Water Reactor – европейский реактор с водой под давлением
ESBWR	Economic simplified boiling water reactor – экономичный упрощённый водяной кипящий реактор
FBR	Fast Breeder Reactor – реактор на быстрых нейтронах
GBP	британский фунт стерлингов
GCR	реактор с газовым охлаждением
GDA	Generic Design Assessment – британская программа предварительного лицензирования
GE	General Electric – американская компания
GEH	GE-Hitachi – американо-японская компания

GW	гигаватт
HTR	Высокотемпературный реактор
HWR	Heavy Water Reactor – реактор на тяжёлой воде
IAEA	МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии
LWR	Light Water Reactor – легководный реактор
MW	мегаватт
NII	Nuclear Installations Inspectorate – британское ведомство по контролю за объектами атомной энергии
NRC	Nuclear Regulatory Commission – Комиссия по ядерному регулированию, американское государственное агентство
OPA	Ontario Power Authority – энергетическое ведомство канадской провинция Онтарио
Overnight р	Расходы без учета инфляции и процентов по кредитам пенс
PBMR	Pebble Bed Modular Reactor – модульный реактор с шаровой засыпкой активной зоны
PWR	реактор с водой под давлением
SBWR	Simplified Boiling Water Reactor – упрощённый водяной кипящий реактор
SE	Slovenský elektrárne – словацкая государственная энергетическая компания
TVA	Tennessee Valley Authority – американская компания
TVO	Teollisuuden Voima Oy – финская компания-заказчик АЭС Олкилуото
ВВЭР	реактор с водой под давлением российского типа
РБМК	реактор большой мощности канальный – один из таких реакторов взорвался на Чернобыльской АЭС
СПЗ	специальные права заимствования

В публикации были использованы фотографии.

© *Martin Storz/graffiti/Greenpeace:*

© *Becker+Bredel/Greenpeace:*

© *Andreas Schoelzel/Greenpeace:*

© *Thomas Einberger/argum/Greenpeace:*

© *Paul Langrock/Zenit/Greenpeace:*

© *thinkstockphotos.com/ Collection Hemera*