

М.Д. Сегаль

Экологические последствия крупных радиационных аварий и совершенствование российской политики безопасности атомной энергетики

Аннотация. Анализируются причины и последствия трех аварий на атомных станциях – «Три Майл Айлэнд», «Чернобыль» и «Фукусима». Ошибки, допущенные в проектировании, рассматриваются с позиций оценки уровня проектировщиков и сложности проблемы. Показано, что обмен опытом проектирования и эксплуатации, оперативной информацией и новыми идеями, касающимися безопасности атомных станций, становится актуальным.

Abstract. Comparative analysis is made of reasons and consequences of three incidents at the nuclear power stations – Three Miles, Chernobyl and Fukushima. Project mistakes at Fukushima nuclear station are discussed to show the level of developers and complexity of problem. Exchange of project and exploitation experience, exchange of operational information and new ideas, concerning safety of nuclear plants, become actual.

Ключевые слова: авария на атомной станции, новая технологическая платформа, безопасность, компетенция в деталях рабочего процесса, политическое решение избавиться от атомной энергетики, поверхностное заражение территории.

Keywords: Incident at nuclear power plant, a new technological platform, contiguous branches of production, safety, competence in details of the working process, political decision to deliver from nuclear power plants, surface soiling the territory.

Статья посвящена актуальной проблеме, связанной с энергетической политикой Европы и России, а если конкретнее – с перспективами развития атомной энергетики. Дискуссии о достоинствах и недостатках атомной энергетики идут достаточно давно, особенно обостряясь после крупных аварий. В настоящее время проблема приобрела особую остроту в некоторых странах (вплоть до принятия кардинальных управленческих решений о полном отказе от атомной энергетики) после аварии на АЭС «Фукусима-1». Однако, по мнению очень многих специалистов, к которым присоединяется автор, достоинств у этой отрасли энергетики больше, чем недостатков, с точки зрения и экономики, и экологии, и безопасности.

Состояние мировой ядерной энергетики

Согласно данным работы (1), в конце 2011 г. в мире в эксплуатации находилось 437 блоков атомных электростанций. При этом впервые достигли критичности или были подключены к сети в этом году семь новых энергоблоков, из которых три – в Китае, один – в России, один – в Южной Корее, один – в Иране, один – в Пакистане.

В этом же году в мире прекращена эксплуатация 13 атомных энергоблоков. При этом наибольшее количество выведенных из эксплуатации энергоблоков насчитывается в Германии – там временно прекращена эксплуатация восьми блоков, но судя по настрою общества, особенно после аварии на АЭС «Фукусима-1», вся атомная энергетика в Германии по-видимому будет принесена в жертву амбициям руководителей движения «зеленых».

Тем не менее в мире интерес к атомной энергетике сохраняется, в первую очередь в странах, где нет значительных природных ресурсов. По состоянию на 2011 г. в процессе строительства находятся 64 энергоблока.

Наличие активных проектов строительства ядерных энергоблоков существует в таких странах, как Аргентина, Бразилия, Болгария, Китай, Финляндия, Франция, Япония, Южная Корея, Пакистан, Россия, Тайвань, США. Бесспорным лидером по освоению энергии атома является Китай. Так, в Китае насчитывается 26 активных проектов строительства АЭС.

Что касается стратегии развития атомной энергетики в России, то об этом мы поговорим в дальнейшем более подробно. Отметим лишь одно важное обстоятельство – Россия будет развивать атомную энергетику, причем скорее всего на новой технологической платформе, предполагающей замыкание ядерного топливного цикла с использованием реакторов на быстрых нейтронах. В этой области у России есть серьезные научные и практические заделы. Уже более 25 лет эксплуатируется реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем БН-600 на Белоярской атомной электростанции.

Нельзя не отметить тот факт, что на развитие атомной энергетики существенное влияние оказали крупные радиационные аварии, сопровождавшиеся выходом радиоактивности в окружающую среду и значительным материальным ущербом. При этом после аварии на Чернобыльской АЭС в обществе сложились устойчивые негативные стереотипы по отношению к атомной промышленности, атомной энергетике и всему, что связано со словами атом, радиоактивность, облучение, хотя вся современная медицина широко использует различные виды излучений для диагностики и лечения тяжелых заболеваний и никто не отказывается от прохождения компьютерной томографии, радиоизотопной диагностики, рентгеноскопии и т.д. Мы уже не говорим об использовании лучевой терапии для лечения раковых заболеваний, а ведь лучевая терапия спасает жизнь тысячам людей.

Происходит это в основном от элементарного невежества, которое насаждается некомпетентными и малограмотными журналистами, телеведущими и просто шарлатанами и псевдоучеными, которым охотно дают телеэфир, в отличие от специалистов.

Далее мы рассмотрим наиболее значимые аварии на АЭС и их реальные последствия.

Крупнейшие аварии на АЭС

Авария на АЭС «Три Майл Айленд» (2; 3)

Авария на водо-водяном реакторе PWR мощностью 885 МВт (эл) произошла на АЭС «Три Майл Айленд» в штате Пенсильвания 28 марта 1979 г. Авария началась в 4 часа утра с прекращения подачи воды в парогенераторы из-за самопроизвольной остановки

питательных насосов. Через 2 секунды сработала аварийная защита реактора, реактор был заглушен и через 9 секунд нейтронная мощность упала до нуля. При этом в соответствии с регламентом автоматически включились в работу три аварийных насоса, что было зафиксировано операторами через 14 секунд после начала аварии. Реактор должен был перейти в стадию расхолаживания с отводом остаточного тепловыделения (порядка 6% от мощности реактора перед остановкой). Однако на пульте управления появились многочисленные аварийные сигналы с частотой до 100 сигналов в минуту, не дающие конкретной информации.

Впоследствии выяснилось, что оказались закрытыми задвижки на аварийных питательных линиях, вследствие чего поступление воды не было. Световые сигналы о закрытом состоянии задвижек были, но одна из сигнальных лампочек была закрыта ярлычком, используемым при проведении ремонтных работ, а другая не была замечена оператором. При работе реактора эти задвижки всегда должны быть полностью открытыми, но, по-видимому, они были закрыты накануне 26 марта при стандартных испытаниях аварийных насосов и оставлены в этом положении. Это обстоятельство было обнаружено операторами только через 8 минут после начала аварии.

При аварийном прекращении подачи воды вследствие значительного испарения резко понизился уровень воды в парогенераторах и уменьшилось охлаждение первого контура. Повышение давления пара в верхней части компенсатора объема привело к автоматическому открытию предохранительного клапана.

Через 14 секунд после начала аварии давление в первом контуре понизилось и предохранительный клапан должен был автоматически закрыться. Но клапан заклинило в открытом положении и через него шла утечка воды из первого контура. Автоматика сработала в проектном режиме и через 2 минуты два аварийных насоса начали подачу воды в первый контур реактора с расходом 4 м³ в минуту. Поскольку операторы боялись переполнения водой первого контура, через 2,5 минуты был остановлен один аварийный насос, а второй переведен в режим пониженного расхода 0,4 м³ в минуту. Еще через 1 минуту начался подъем уровня воды в компенсаторе объема (из-за появления паровых пузырей). Операторы восприняли это как результат переполнения первого контура

водой и спустили часть воды в дренажную систему. В результате произошло появление парового объема в верхней части корпуса реактора, оголение верхней части активной зоны и ее частичное расплавление (как было установлено впоследствии, порядка 30–40% тепловыделяющих элементов было расплавлено).

В течение двух часов с момента начала аварии операторы не считались с рядом моментов, свидетельствующих об утечке воды из первого контура через предохранительный клапан. Только через 2 час. 22 мин. клапан был закрыт операторами и утечка воды прекратилась. После этого давление в первом контуре начало расти, но с 6 час. 30 мин. произошел быстрый рост уровня радиоактивности в помещениях реактора и в 6 час. 48 мин. на АЭС было объявлено чрезвычайное положение. В 7 часов утра на АЭС прибыл директор станции Г. Миллер и принял руководство аварийными работами на себя. Было организовано измерение радиоактивности на местности вокруг станции, а также в воздухе над станцией при помощи вертолета. Был зафиксирован уровень радиации, не превышающий фоновых значений, но из-за существующей потенциальной опасности выброса радиоактивных изотопов, накопившихся под оболочкой реактора, была дана рекомендация жителям вблизи станции оставаться в помещениях и не открывать окон, и были также закрыты ближайшие школы.

После анализа обстановки губернатор Пенсильвании 30 марта издал распоряжение о рекомендации вывода из зоны радиусом 5 миль от АЭС беременных женщин и детей дошкольного возраста. По оценкам специалистов, суммарный выход активности составил порядка $480 \cdot 10^{15}$ Бк (13 млн. кюри) радиоактивных благородных газов. В основном – изотопы криптона и ксенона. Выброс йода-131 в окружающую среду оказался незначительным благодаря наличию защитной оболочки. Поскольку практически вся активность была сосредоточена внутри герметичной оболочки, внешние дозы облучения, полученные населением, были ничтожно малыми. Среди 2 млн. человек, проживающих в 10-мильной зоне, средняя эквивалентная доза составила 0,08 мЗв (8 мбэр) и не превысила 1 мЗв для любого жителя, проживающего в этой зоне, что соизмеримо с естественным радиоактивным фоном.

Дезактивация помещений обошлась в 200 млн. долл. Общий ущерб от аварии был оценен в 1,86 млрд. долл. Более тяжелых по-

следствий удалось избежать благодаря наличию герметичной защитной оболочки.

Для выяснения причин аварии была создана специальная комиссия из 12 ведущих специалистов, которая составила подробный доклад с выводами и рекомендациями. Комиссия выяснила, что руководство станции относилось к ее эксплуатации без должного учета потенциальной радиационной опасности, практически как к эксплуатации ТЭС на органическом топливе. Директор и руководство АЭС не занимались подготовкой операторов. В результате сложнейшее оборудование обслуживалось технически слабым персоналом.

Президентская комиссия подробно определила меры по подготовке и переподготовке персонала АЭС, подчеркнула необходимость создания в центре, отдельных штатах и в энергосистемах страны учебных курсов с приемом на них только тех, кто сдал экзамены по специальной программе. Комиссия подчеркнула необходимость привлечения персонала АЭС к активному участию в конференциях, семинарах, совещаниях по анализу опыта эксплуатации АЭС с целью не только повышения квалификации персонала, но и престижа профессии.

Важные выводы были сделаны в отношении Комиссии по ядерному регулированию США (NRC). Была рекомендована полная реорганизация комиссии и придание ей широких полномочий по техническому надзору практически по всем аспектам эксплуатации АЭС, а также по контролю за качеством поставляемого на АЭС оборудования и по организации новых разработок и масштабных научно-технических исследований в области тяжелых аварий.

Авария на Чернобыльской АЭС (4; 5; 6; 7; 8)

Чернобыльская АЭС расположена в восточной части белорусско-украинского Полесья на берегу реки Припять в 130 км от Киева. Электрическая и тепловая мощности каждого энергоблока станции (всего четыре блока) равны 1000 и 3200 МВт соответственно.

Перед остановкой четвертого блока ЧАЭС на плановый ремонт в пятницу 25 апреля 1986 г. предусматривалось испытание турбогенератора в режиме выбега турбины. При этом, как было

установлено позже, программа испытания турбогенератора не была должным образом подготовлена и согласована с главным конструктором и научным руководителем. Раздел по безопасности был составлен формально, испытания сочли электротехнической процедурой и не увязали программу испытаний должным образом с обеспечением ядерной безопасности.

В соответствии с программой предполагалось провести испытание на пониженной мощности 700–1000 МВт (тепловых), так как продолжительная работа на меньшей мощности по регламенту была запрещена из-за возникающей неустойчивой работы реактора.

25 апреля в 1 час ночи было начато снижение мощности с номинального уровня, но вскоре поступил запрет диспетчера «Киевэнерго» на дальнейшее снижение мощности из-за потребности в электроэнергии, который был снят девять часов спустя.

По мере дальнейшего снижения мощности 26 апреля в 0 час. 28 мин. требовалось переключить режим регулирования реактора. В результате ошибки оператора произошло быстрое снижение мощности до 30 МВт. По регламенту, в этой ситуации реактор должен был быть остановлен. Но персонал принял решение поднимать мощность. В 1 час мощность удалось стабилизировать на уровне 200 МВт.

В этих условиях способность реактора к возможному неконтролируемому повышению мощности превысила способность органов управления и защиты заглушить реактор. Тем не менее испытание было продолжено.

В 1 час 07 мин. реактор стал работать неустойчиво и персонал отключил ряд защит, чтобы не произошла остановка реактора по сигналам автоматики. После ряда переключений персоналу удалось относительно стабилизировать процессы в реакторе и было принято решение начать испытания. В 1 час 23 мин. 04 сек. были закрыты стопорные клапаны турбогенератора № 8, прекратившие подачу пара на турбину и, в нарушение программы испытаний, было заблокировано срабатывание аварийной защиты при отключении обеих турбин.

В результате всех этих ошибочных и запрещенных действий операторов мощность реактора начала возрастать начиная с 1 час. 23 мин. 30 сек. В 1 час 23 мин. 40 сек. начальник смены подал команду на экстренную остановку реактора. Однако к этому моменту

сложились такие условия, что ввод стержней системы управления и защиты привел к неконтролируемому разгону и мощность реактора возросла в сотни раз. Последовало разрушение активной зоны реактора и возник пожар.

Причиной Чернобыльской аварии явился выбор разработчиками реактора РБМК-1000 концепции, в которой, как оказалось, не были достаточно учтены вопросы безопасности.

Персоналом станции были допущены нарушения технического регламента и требований безопасности. Часть этих нарушений не оказала влияния на возникновение и развитие аварии, а часть позволила создать условия для реализации негативных проектных характеристик РБМК-1000. Персонал станции не знал о некоторых опасных свойствах реактора и, следовательно, не осознавал последствий допускаемых им нарушений.

В момент аварии произошел выброс радиоактивных продуктов из разрушенного реакторного блока в западном направлении. В последующие дни 26 и 27 апреля перенос радиоактивных веществ происходил в виде струи в северо-западном направлении по территории Белоруссии, 28 и 29 апреля ветер переменялся на северо-восточный и восточный, а 29 и 30 апреля на юго-восточный и южный.

На основании анализа динамики изменения (ухудшения) радиационной обстановки в г. Припять утром 27 апреля 1986 г. было принято своевременное решение об экстренной эвакуации населения почти 50-тысячного города, в том числе 14,5 тыс. детей.

Через пять суток после эвакуации жителей г. Припять, 2 мая, на основании рекомендаций экспертов было принято решение об эвакуации жителей из населенных пунктов, расположенных в 30-километровой зоне вокруг ЧАЭС. Эвакуация была завершена к 7 мая. В общей сложности было эвакуировано, согласно официальным данным, 99 195 человек. Как показали последующие медицинские наблюдения, среди эвакуированных случаев лучевых поражений (детерминированных эффектов) не было.

23 июня 1986 г. был создан Всесоюзный распределительный регистр лиц, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии. Решением правительства Российской Федерации организован Российский государственный медико-дозиметрический регистр (РГМДР), в котором проводится обязательная регистрация

и постоянное наблюдение за состоянием здоровья четырех групп первоочередного учета:

- участников ликвидации последствий аварии;
- лиц, эвакуированных из наиболее загрязненных районов;
- лиц, проживающих на наблюдаемых территориях (зона отселения и зона с правом на отселение);
- детей, родившихся после аварии у лиц, включенных в группы 1-3.

К настоящему времени в РГМДР зарегистрировано 615 тыс. граждан Российской Федерации, в том числе 186 тыс. ликвидаторов.

По результатам наблюдений острая лучевая болезнь (ОЛБ) была подтверждена у 134 человек, из которых 28 человек, несмотря на активное лечение, умерли в первые четыре месяца после аварии, двое погибли от вторичных инфекций, один от почечной недостаточности. В последующие 19 лет с 1987 по 2005 г. среди ликвидаторов, выживших после ОЛБ, умерло еще 22 человека.

При этом, как это ни парадоксально, показатель смертности среди ликвидаторов, переживших ОЛБ, ниже, чем среди населения, что объясняется наличием тщательного медицинского контроля, своевременным выявлением опасных заболеваний и квалифицированной медицинской помощью.

Величина и структура онкологических заболеваний в группе ликвидаторов также не отличается от среднеевропейских показателей. Что касается отдаленных (стохастических) последствий, исследовались случаи заболевания раком щитовидной железы (РЩЖ), различные виды солидных раков, лейкозы, наследственные нарушения и соматические расстройства здоровья.

К настоящему времени, по мнению и отечественных, и зарубежных специалистов, наблюдающих за населением, пострадавшим от аварии, нет статистически значимых свидетельств серьезного влияния радиационного фактора на здоровье абсолютного большинства затронутых аварией людей. Исключение составляет возрастание частоты рака щитовидной железы у лиц, облученных в детском возрасте (9; 10).

Авария на АЭС «Фукусима-1» (6; 11; 12)

11 марта 2011 г. в 14:46 в Японии произошло землетрясение магнитудой 9,0 баллов, за ним последовало цунами. К моменту землетрясения на восточном побережье острова Хонсю (основная часть Японии) на четырех площадках в действующем состоянии находились 11 ядерных реакторов общей мощностью 9,4 ГВт эл., среди них энергоблоки № 1–3 первой очереди АЭС «Фукусима-1» (Дайичи) и энергоблоки № 1–4 второй очереди «Фукусима-2» компании «Токуо electric power Co» (TEPCO).

Энергоблоки № 4–6 АЭС «Фукусима-1» общей мощностью 2,6 ГВт эл. находились в режиме планового останова. Наиболее сложные проблемы изначально возникли на энергоблоках № 1–3 АЭС «Фукусима-1» и на пятый день – на четвертом энергоблоке. Восемь из 11 действующих энергоблоков примерно в течение четырех дней были переведены в режим «холодного останова» с использованием централизованного энергоснабжения или резервных генераторов. Энергоблоки № 1–3 «Фукусима-1» оказались обесточенными вследствие общей потери энергоснабжения на площадке спустя час после землетрясения, что привело к отказу систем отвода остаточного тепловыделения активных зон и бассейнов с отработанным ядерным топливом, плавлению активных зон, образованию и взрыву водорода, выбросу радионуклидов в окружающую среду. Аварии на трех энергоблоках АЭС «Фукусима-1» вначале был присвоен пятый уровень по Международной шкале ядерных событий, впоследствии по количеству выброса радионуклидов степень тяжести аварии была повышена с пятого до седьмого уровня по шкале INES (это максимальный уровень, такой же уровень был присвоен Чернобыльской аварии).

На первом энергоблоке спустя 12 час. после отключения реактора произошел взрыв водорода, разрушивший верхнюю часть здания.

На втором энергоблоке аварийные системы охлаждения так же, как на первом энергоблоке, отключились с потерей энергоснабжения после цунами и 15 марта через 87 час. после землетрясения произошел взрыв водорода.

На третьем энергоблоке ухудшение условий охлаждения началось спустя 36 час. после землетрясения и 14 марта в 11:01 произошел взрыв водорода в верхней части здания.

Взрыв на четвертом энергоблоке АЭС «Фукусима-1», произошедший 15 марта, мог быть вызван попаданием водорода из третьего энергоблока через вентиляцию.

Что касается АЭС «Фукусима-2», то энергоблоки № 1–4 были автоматически остановлены после землетрясения, но при воздействии цунами произошло нарушение охлаждения. К 16 марта все четыре энергоблока были переведены в режим «холодного останова», при котором температура активной зоны не превышает 100 С.

Чрезвычайная ситуация была объявлена 11 марта в 19:03, после этого началась эвакуация населения в пределах двухкилометровой зоны. 12 марта в 18:25 зона эвакуации была расширена до 20 км. 25 марта была предложена добровольная эвакуация из 30-километровой зоны. Максимальная мощность дозы на расстоянии 1 км от площадки АЭС «Фукусима-1» составляла 146 мкВ/ч (естественный радиационный фон в среднем составляет 0,11–0,15 мкВ/ч). По информации экспертов МАГАТЭ, в зоне от 30 до 41 км от аварийной АЭС мощность дозы изменялась от 0,9 до 17 мкВ/ч (от 90 до 1700 мкР/ч). По состоянию на утро 28 марта в восьми из 47 префектур Японии зафиксировано поверхностное загрязнение территории радиоактивными изотопами ^{131}I и ^{137}Cs . В шести префектурах (Тиба, Ибараки, Сайтама, Точиги, Токио и Ямагата) поверхностное загрязнение территории ^{131}I достигало более 20 тыс. Бк/м². Высокая концентрация радионуклидов зафиксирована в море к северу от АЭС «Фукусима-1»: предельно допустимая концентрация ^{131}I была превышена в 1150 раз. Спустя несколько дней повышенная концентрация ^{131}I была обнаружена к югу от станции.

Замеры, выполненные роботами 17–19 апреля, показали, что в зданиях первого и третьего энергоблоков наблюдается высокий радиационный фон, который накладывает ограничения на выполнение работ. С 26 апреля начато разбрызгивание химического отвердевающего реагента над разрушенными конструкциями энергоблоков АЭС для предотвращения дальнейшего распространения радиоактивных веществ, осевших на частицах пыли и грунта. После проведения работ по разбрызгиванию химического реагента здания энергоблоков накрыты специальной фильтрующей тканью,

чтобы предотвратить дальнейшее распространение радиоактивных веществ.

12 апреля регулирующие органы Японии представили предварительную оценку выбросов радионуклидов.

По оценкам Агентства по ядерной и промышленной безопасности Японии и Комиссии по ядерной безопасности, выброс наиболее опасных радионуклидов составил примерно 10% от выброса на Чернобыльской АЭС.

Мониторинг радиационного фона на территории АЭС показывает снижение мощности дозы после взрывов и выбросов в первые дни развития аварии. Уровень активности стал снижаться после 19 марта, когда в бассейны с ОЯТ стала подаваться вода.

Из-за дефицита емкостей для хранения радиоактивной воды с 4 по 10 апреля в море было сброшено 10,4 тыс. т низкоактивной воды. Концентрация изотопа ^{131}I в сбрасываемых жидких радиоактивных отходах превышала нормы в 100 раз, однако в сложившейся ситуации этот уровень расценивали как невысокий. По оценкам ТЕРСО, при ежедневном употреблении в пищу рыбы или морских водорослей из районов сброса дополнительная эффективная доза облучения составит около 0,6 мЗв/год (для сравнения, среднегодовая доза населения Земли от естественных источников составляет 2,4 мЗв/год).

Стратегия развития атомной энергетики в России

Россия не намерена отказываться от атомной энергетики, поскольку на сегодняшний день этот вид производства электроэнергии является наиболее безопасным, экологически чистым и экономически конкурентоспособным (особенно с учетом перспективы возможного роста цен на органическое топливо) с традиционной огневой энергетикой. Кроме того, необходимо учитывать, что развитие атомной энергетики дает мощный импульс высокотехнологичным отраслям промышленности (производство корпусов реакторов, циркуляционных высокопроизводительных насосов, парогенераторов, элементов оборудования, мощных турбин, электрогенераторов, систем автоматики и управления и т.д.), а также системе подготовки научных и инженерных кадров.

Некоторые концептуальные положения стратегии развития ядерной энергетики России до 2100 г. изложены в работе (13). Символично, что первым автором статьи является один из крупнейших специалистов в области ядерной энергетики, бывший директор Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники (НИКИЭТ) и бывший министр по атомной энергетике Российской Федерации Е.О. Адамов.

Сегодня ядерная энергетика России базируется на АЭС с водоохлаждаемыми реакторами на тепловых нейтронах типа ВВЭР и РБМК. Принятые в энергетической стратегии России на период до 2030 г. масштабы ввода АЭС и экспортных поставок будут достигнуты в основном на базе реакторов ВВЭР.

На сегодня в России ежегодно на душу населения производится примерно столько же электроэнергии, сколько в Западной Европе (2) – порядка 7000 кВт•ч. По прогнозу МАГАТЭ, эта величина к 2030 г. может увеличиться до 9300 кВт•ч.

Но энергоемкость российского ВВП намного больше, чем в развитых странах, в силу особенностей климата, низкой производительности труда, плохой инфраструктуры, поэтому в самом грубом приближении с учетом плохой демографии можно ориентироваться на прогноз МАГАТЭ. Специалисты прогнозируют необходимость развития ядерной энергетики в России с доведением доли выработки электроэнергии на АЭС до почти 15% к 2030 г. и до 25% к 2040 г.

При этом особое внимание должно быть уделено вопросам безопасности и замыканию топливного цикла с использованием нового поколения реакторов на быстрых нейтронах. Это обстоятельство вызвано тем, что, по некоторым оценкам, будет происходить быстрый рост возобновляемых источников энергии, таких как ветроэнергетические, гидроэнергетические и солнечные энергоустановки и станции. (О достоинствах и недостатках этих систем мы поговорим позже.)

Модификация атомной энергетической политики Европы

Авария на АЭС «Фукусима» вначале вызвала сильный резонанс в Европе. Резко активизировались «зеленые», начались шумные акции протеста против использования атомной энергии,

вплоть до полного закрытия всех действующих АЭС. Но действительность и экономические расчеты остудили горячие головы и постепенно крики о полном закрытии АЭС стали звучать все реже. В самом деле, для таких стран Евросоюза, как Франция (58 ядерных энергоблоков в эксплуатации), Швеция (10 энергоблоков), Испания (8 энергоблоков), закрытие АЭС повлечет очень серьезные экономические проблемы (1). Кроме того, ревнителям экологической чистоты и всем, предвзято относящимся к атомной энергетике, полезно напомнить некоторые цифры, характеризующие экологические проблемы при замещении атомной энергии тепловой.

Тепловая электростанция мощностью 1000 МВт (эл), работающая на угле, потребляет в сутки, как минимум, полноразмерный эшелон топлива (порядка 3–5 тыс. т в зависимости от качества угля). В угле, а также в нефти, газе и мазуте содержатся так называемые естественные радионуклиды (ЕРН), некоторые из них весьма биологически активны и опасны и обладают значительным периодом полураспада. Часть набора ЕРН в угле выглядит таким образом – уран-238, радий-226, торий-232, полоний-210, радиоактивные изотопы свинца и т.д. При сжигании топлива в образующейся золе активность повышается во много раз. Например, активность полония-210 в золе достигает 1700 Бк на кг (при этом допустимое радиоактивное загрязнение продуктов питания, например в Норвегии, составляет не более 600 Бк на кг). В результате мощности дозы радиоактивного излучения вблизи угольной ТЭС могут значительно (в разы) превышать естественный радиационный фон (14). Кроме того, нужно помнить, что доставка топлива на тепловые станции создает значительную нагрузку на транспортную инфраструктуру, а при транспортировке угля, мазута, газа бывают аварии, которые сопровождаются значительным загрязнением окружающей среды. Атомные электростанции в этом отношении значительно безопаснее, а что касается транспортировки топлива для АЭС, в том числе отработанного, то в истории атомной энергетики не зафиксировано ни одного случая аварии при перевозках.

Катастрофа на АЭС «Фукусима-1» в марте 2011 г. в значительной степени изменила отношение к ядерной энергии в Германии (15). В июне 2011 г. правительство Германии приняло конкретные решения по изменению энергетической стратегии. Семь ядерных энергоблоков, введенных в эксплуатацию до 1980 г. и со-

ставлявших более трети общей мощности АЭС в Германии, уже остановлены. Прекращена эксплуатация АЭС «Kriirmnel». Предполагается, что девять германских ядерных блоков будут последовательно выведены из эксплуатации в период до 2022 г. В июле 2011 г. научное общество по заказу Баварского экономического союза опубликовало прогноз последствий реализации сценария вывода АЭС из эксплуатации в период до 2022 г.

Соответственно, потребность в электроэнергии в 2020 г. должна обеспечиваться на 38% возобновляемыми источниками энергии. Согласно Общей энергетической концепции, это должно быть осуществлено преимущественно за счет энергии ветра и солнца. При оценке интенсивного развития возобновляемых источников энергии для производства электроэнергии, следует учитывать, что установки, принимающие солнечную энергию, и ветровые устройства производят значительно меньше электричества.

В результате проведенных исследований было показано, что оптовая стоимость электроэнергии в 2023 г. будет составлять 68 евро за МВт•ч (в ценах 2010 г.) против 45 евро в 2010 г.

Это только один аспект проблемы вывода АЭС. Нельзя забывать и о дополнительной эмиссии двуокиси углерода при переходе на тепловые станции. Кроме того, как будет показано ниже, ветровые и солнечные энергоустановки также не являются абсолютно экологически чистыми.

Использование энергии солнца и ветра

По мнению многих специалистов, в ближайшей перспективе ожидать значительных прорывов в таких отраслях энергетики, как солнечная или ветровая, не стоит. Крупномасштабная энергетика может строиться только на крупных (порядка 500–1000 МВт эл.) тепловых или атомных электростанциях.

Солнечные и ветроустановки скорее всего экономически целесообразны для мелких потребителей, при этом сфера распространения этих видов производства электроэнергии также ограничена рядом факторов, как экономических, так и географических.

Стоимость солнечной энергии достаточно высока – порядка 0,3 евро за кВт•ч. Коэффициент полезного действия солнечных установок не превышает в перспективе 15% (16).

Кроме того, никто из экологов и противников атомной энергетики не отвечает на вопрос о том, насколько экологически чистым является само производство солнечных панелей и какие энергозатраты существуют при этом производстве.

Далее, апологеты солнечной энергетики умалчивают тот факт, что, во-первых, для эффективной работы нужно иметь много солнечных дней в году, во-вторых солнечные панели деградируют от пыли, ветра и т.д. И наконец, главное – в состав солнечной электростанции должна обязательно входить мощная аккумуляторная батарея. А батарея – это свинец, кислота или щелочь, а также ограниченный ресурс службы и необходимость утилизации.

Похожие проблемы и с ветровой энергетикой. Во-первых, ветроустановки экономически целесообразны только в тех регионах, где существует устойчивая ветровая нагрузка с определенной скоростью ветра. К таким регионам относятся в основном морские побережья. Во-вторых, ветроустановка также требует наличия мощной аккумуляторной батареи со всеми сопутствующими проблемами и, в-третьих, нет ответа на вопрос, насколько экологично производство рабочих колес ветроустановок из полимерных материалов.

Кроме того, ветровая энергетика экономически целесообразна и конкурентоспособна с тепловой или атомной при установленной мощности ветроэлектростанции порядка десятков МВт (эл).

Отечественными специалистами в области ветровой энергетики показано (17), что только при мощности ветроэлектростанции порядка 33 МВт отпускная цена кВт•ч электроэнергии составит в нынешних ценах 3,5 руб., что соизмеримо со стоимостью электроэнергии, произведенной на тепловых станциях. При этом срок окупаемости 14 лет, а инвестиции в проект оцениваются величиной 2 млрд. 600 млн. руб.

Выводы

1. После некоторого шока, вызванного аварией на АЭС «Фукусима-1», страсти вокруг целесообразности использования атомной энергии несколько улеглись. Европейские страны пока не спешат закрывать действующие АЭС (кроме Германии). Кроме того, некоторые страны Европы даже выражают желание иметь атомные электростанции.

2. Замещение атомной энергетики тепловой создаст экологические проблемы и повысит нагрузку на инфраструктуру. Увеличится выброс парниковых газов и естественных радионуклидов. Возникают также проблемы, связанные с утилизацией отходов (для угольных ТЭС) и транспортировкой огромных количеств топлива.

3. Солнечные и ветровые энергоустановки скорее всего в ближайшей перспективе будут использоваться для потребителей сравнительно небольшой мощности. Для промышленных нужд и снабжения электроэнергией крупных городов эти энергоустановки вряд ли могут быть использованы. Кроме того, эффективность этих установок в определенной степени зависит от географических факторов. И наконец, площадь, занимаемая солнечной станцией мощностью порядка 1300 МВт (мощность одного энергоблока АЭС), составляет порядка 15–20 кв. км (18).

4. На наш взгляд, в ближайшей перспективе атомная энергетика будет играть существенную роль в энергобалансе многих стран. Причин тому достаточно много:

- атомная отрасль играет роль локомотива для многих высокотехнологичных отраслей промышленности, создает рабочие места, повышает общий уровень интеллектуального развития страны;
- атомная энергетика с точки зрения экономики вполне конкурентоспособна с традиционной тепловой;
- по сравнению с другими отраслями промышленности и тепловой энергетикой (особенно угольной) атомная энергетика безопаснее; даже при такой тяжелой аварии, как на АЭС «Фукусима-1», от радиации не погиб ни один человек, в то время как при имевших место авариях на гидротехнических сооружениях число погибших достигало десятков тысяч человек; безопаснее атомная энергетика и с точки зрения экологии.

Список литературы

1. Мировая ядерная энергетика в 2011 году // Атомная техника за рубежом. – 2012. – № 7. – С. 28–31.
2. Матвеев Л.В., Рудник А.П. Почти все о ядерном реакторе. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 356 с.
3. Walker J.S. Three Mile Island: A Nuclear Crisis in Historical Perspective. – Berkeley University, 2004. – 231 p.

**Экологические последствия крупных
радиационных аварий и совершенствование
российской политики безопасности
атомной энергетики**

4. Векслер Л.М., Ободзинский В.И., Попов В.К. Чернобыль: Взгляд через годы. – М.: Знание, 1992. – 32 с.
5. Радиационные аварии / Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др. – М.: ИздАт, 2001. – 751 с.
6. Радиационная безопасность населения / Под общей ред. Р.В. Арутюняна; Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М.: ИРБ, 2011. – 383 с.
7. Агапов А.М., Новиков Г.А. Культура ядерной и радиационной безопасности: Государственные гарантии, идеология, принципы и способы реализации. – СПб.: Профи-Центр, 2010. – 863 с.
8. Владимиров В.А., Измалков В.И., Измалков А.В. Радиационная и химическая безопасность населения. – М.: Деловой экспресс, 2005. – 456 с.
9. Ярмоненко С.П. Медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2002. – Специальное приложение. – 16 с.
10. Лушников Е.Ф., Цыб А.Ф., Ямасита С. Рак щитовидной железы в России после Чернобыля. – М.: Медицина, 2006. – 255 с.
11. Блинова И.В., Соколова И.Д. Авария на АЭС «Фукусима-1» и ее влияние на развитие атомной энергетики // Атомная техника за рубежом. – 2011. – № 7. – С. 3–18.
12. Hall H.L. Fukushima Daiichi: Implication for carbon-free energy, nuclear nonproliferation, and community resilience // Integrated Environmental Assessment and Management. – 2011. – Vol. 7, N 3. – P. 406–408.
13. Концептуальные положения стратегии развития ядерной энергетики России в перспективе до 2100 г. / Адамов Е.О., Джалавян А.В., Лопаткин А.В. и др. // Атомная энергия. – 2012. – Т. 112, вып. 6. – С. 319–331.
14. Муратов О.Э. Радиоэкологические аспекты топливно-энергетического комплекса // Атомная стратегия. – 2012. – Декабрь. – С. 15–16.
15. Броссарт В. Последствия вывода ядерной энергетики к 2022 г. для Германии и Баварии // Атомная техника за рубежом. – 2012. – № 6. – С. 26–33.
16. Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика в третьем тысячелетии // Энергетическая политика. – 2001. – № 2. – С. 23.
17. Гордеев И.Г., Ермоленко Г.В., Никомарова А.В. Пилотные проекты сетевых ветроэлектростанций в Ейском районе Краснодарского края. Состояние и перспективы // Теплоэнергетика. – 2012. – № 11. – С. 41–49.
18. Комби Б. Защитники природы за атомную энергию. – М.: Атомэнерго, 2009. – 400 с.