

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ И БУДУЩЕЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



В конце мая текущего года в Москве проходил первый Международный конгресс памяти Андрея Сахарова под названием «Мир, прогресс, права человека». По словам академика, именно эти «три цепи неразрывно связаны, нельзя достигнуть какой-нибудь одной из них, пренебрегая другими». Кроме того, Андрей Дмитриевич напоминал нам, что «мы, как вспышка во мраке, возникли на одно мгновение из черного небытия бессознательного осуществления материи, осуществить требования Разума и создать жизнь, достойную нас самих и смутно угадываемой цели».

В день рождения Андрея Дмитриевича Сахарова, 21 мая, (ему исполнилось бы сейчас 70 лет), состоялись церемония открытия памятной доски на доме, где жил Сахаров, посещение Востряковского кладбища и открытие Конгресса. В его работе приняли участие видные ученые из разных стран мира: Адольф БИРКХОФЕР (ФРГ) — профессор технического университета Мюнхена; Роберт БУДНИЦ (США) —

президент ассоциации «Ресурсы будущего», Беркли, Калифорния; Елена Бэрисовна БУРЛАКОВА (СССР) — профессор, начальник отдела Института химической физики АН СССР, председатель научного совета по радиобиологии при АН СССР, консультант Верховного Совета СССР; Марвин ГОЛДМАН (США) — директор лаборатории медико-энергетических проблем в Калифорнийском университете, Дэвис; Гуннар ВАЛЛЕНДЕР (Швеция) — профессор, работает в Шведском университете сельскохозяйственных наук, Уппсала; Франсуа КОНЬЕ (Франция) — был главным инспектором по вопросам безопасности ядерных установок, участвовал в работах по аварии на Три-Майл-Айленд и Чернобыльской катастрофе, а также в работах по оценке ее последствий; Жорж ВАНДРИЕ (Франция) — работал во французской Комиссии по ядерной энергетике; Ричард ВИЛЬСОН (США) — профессор физики Гарвардского университета, посещал несколько раз Чернобыль; Бернард Л. КОЭН (США) — профессор Питтсбургского университета и другие эксперты.

ПРОШЛОЕ. ПРИЧИНЫ КАТАСТРОФЫ.

Развитие мирного использования атомной энергии омрачено двумя реакторными авариями. Эти аварии произошли на АЭС ТМА (Три-Майл-Айленд) в США 28.03.79 г. и в Чернобыле 26.04.86 г. В обеих авариях активная зона реактора была разрушена. Однако соответствующие последствия ни в коей мере нельзя сравнить.

Во время аварии на блоке 2 ТМА в отличие от Чернобыльской аварии практически все радиоактивные материалы были удержаны в защитной оболочке.

Таким образом, ни персонал, ни население не подверглись недопустимому облучению.

Тем не менее авария АЭС ТМА оказала сильное влияние на исследования в области реакторной безопасности и улучшения конструкций в западном мире, в результате чего были предприняты новые усилия для понимания поведения систем, для предотвращения и преодоления аварий. Очевидно, что авария на ТМА не оказала существенного влияния на обеспечение безопасности и улучшение взаимодействия человек — машина в СССР.

1. Причины аварии

На семинаре МАГАТЭ в августе 1986 г. правительство СССР представило членам МАГАТЭ подробный отчет, как о ходе протекания, так и о последствиях аварии. Было заявлено, что ошибки персонала являлись определяющими по сравнению с недостатками конструкции реактора и в организации работ.

Однако новая информация, полученная благодаря открытости и дальнейшего анализа (в Вене, 1987 г., в Дагомысе, 1989 г., в Париже, 1991 г.) привела к лучшему пониманию основных причин аварии.

Эти причины следующие:

- недостатки в конструкции активной зоны реактора;
- недостатки в конструкции системы останова реактора;
- неадекватная культура безопасности, ставшая основанием для серьезных человеческих ошибок.

Активная зона была спроектирована таким образом, что в некоторых эксплуатационных состояниях рост паросодержания приводил к дальнейшему росту мощности, а не ее уменьшению, как того требует принцип саморегулируемости. Увеличение мощности могло достичь разрушительных уровней.

Очевидно, система останова реактора была слишком медленной. Вдобавок к этому, если стержни СУЗ падали с верхних концевиков, то в первый момент времени это увеличивало мощность до того, как мог начаться процесс останова. Такое поведение и предопределило возникновение аварии, как это в основном считается сейчас. Культура безопасности — термин, разработанный международной консультативной группой по ядерной безопасности — должен регулировать действия и взаимодействия между всеми индивидуумами и организациями, включенными в деятельность, связанную с ядерной энергией.

Упущения в подходе к культуре безопасности привели в Чернобыле, например, к переоценке надежности реакторных систем и мастерства операторов, а также к недооценке человеческих ошибок. Проект РБМК был очень чувствителен к различным нарушениям. Все это внесло свой вклад в возникновение аварии. Недостатки культуры безопасности и, касающиеся этого окончательные рекомендации, будут даны далее в настоящем отчете.

После аварии был предложен и внедрен на реакторах РБМК набор мероприятий, направленных на то, чтобы избежать проектных недостатков и лучше справиться с переходными процессами, связанными с изменением реактивности. Для того, чтобы прийти к окончательной оценке поведения систем реактора РБМК, независимой организацией на международном уровне должна быть выполнена оценка безопасности на основе квалифицированного отчета по безопасности, что находится в полном соответствии с практикой, принятой на Западе.

2. Человеческий фактор

Как отмечалось выше, недостатки проекта обсуждались в нескольких случаях, и наша группа экспертов решила, что мы должны больше внимания обратить на человеческий фактор в этой аварии.

После Чернобыльской аварии человеческий фактор определен как главная причина не для обвинения оператора, а для того, чтобы понять — почему он допустил ошибки. Со времени Чернобыльской аварии несколько конференций и встреч посвяща-

лись вопросам причин и последствия катастрофы. Человеческому фактору не придавалось значение, как важному вопросу во время дискуссий.

Действительно, в ходе Чернобыльской аварии поведение операторов представляется очень удивительным, поскольку ясно, что они не были сумасшедшими и не пытались совершить акт саботажа. Но, в самом деле, как это обычно случается, человеческие ошибки происходят только в условиях, когда люди не могут их не сделать.

В области безопасности анализ человеческого фактора необходим. И Конгресс, посвященный памяти Сахарова как раз подходящее место, чтобы подчеркнуть огромное значение этого фактора.

Четыре момента являются наиболее важными.

2.1. Взаимодействие человек-машина.

Проект блочного щита управления (БЩУ) реактора РБМК был выполнен в соответствии с традициями 60-х годов и не отвечал нуждам оператора. Для того, чтобы предотвратить ошибки оператора, важная для безопасности информация по основным функциям и главным физическим характеристикам, включая и уровни радиации должна быть представлена оператору просто и подробно.

После аварии на ТМА на Западе были установлены панели безопасности на БЩУ.

Подобные меры должны быть выполнены на РБМК. Кроме того, тщательный анализ проекта БЩУ должен быть выполнен, включая необходимость исключить возможность вывода аварийных защит оператором.

2.2. Подготовка оператора.

После ТМА все западные регулирующие органы и компании — владельцы глубоко осудили эту проблему. Была пересмотрена организация и структура смен. Были расширены программы подготовки, чтобы использовать опыт, полученный из предыдущих аварий и инцидентов. В настоящее время операторы регулярно проходят проверки и переквалификацию. В этом отношении большую роль играют тренажеры, на которых можно имитировать аварийные процессы. Подобным же образом Чернобыльская авария должна привести к тщательному анализу того, как осуществляется подготовка и переподготовка персонала в СССР.

2.3. Культура безопасности.

Культура безопасности должна рассматриваться как важный фактор и не должна подчиняться культуре производства.

Понимание риска, связанного с производством энергии, знание результатов исследований по безопасности, свободная передача информации по безопасности среди проектировщиков, строителей, операторов и властей, обратная связь от опыта эксплуатации, особенно в части инцидентов и аварий — все это главные проблемы. Каждое отдельное лицо от рабочего на станции до руководителя высшего уровня должно осознать свою ответственность и быть приверженным безопасности.

2.4. Эксплуатационные руководства.

Пределы и условия для эксплуатации, общие инструкции, руководства по эксплуатации должны быть тщательно составлены проектировщиками и операторами и проэкспертированы властями по безопасности. Операторы должны знать их в совершенстве и они не должны нарушаться. Это требование является важным элементом культуры безопасности.

Однако степень детализации руководств по эксплуатации является весьма различной в СССР и западных странах. Эксперты должны обсудить различия и считать целесообразным найти способы взаимопонимания.



3. Система ответственности

Культура безопасности предусматривает четкую и хорошо организованную систему ответственности за проектирование и эксплуатацию АЭС и связана с независимым регулированием, которое должно быть защищено от необоснованного давления.

Ясно, что до и во время аварии и даже в настоящее время общая обстановка не позволила полностью реализовать упомянутое требование. В этой связи особенно рекомендуется:

— возложить полную ответственность за безопасность на эксплуатирующую организацию;

— усилить полномочия регулирующего органа. Для того, чтобы обеспечить необходимую основу для такой системы ответственности, необходимо создать соответствующую законодательную базу, как это принято в международной практике.

Опыт эксплуатации

Ядерная энергетика в СССР развивалась в течение длительного времени в условиях изоляции. Это относится как к международному научно-техническому сотрудничеству, так и к обмену опытом эксплуатации внутри страны. По этой причине практически невозможно было извлекать уроки из опыта эксплуатации или инцидентов и аварий на других станциях. Такая изоляция не нацелена на безопасность, т. к. допускает повторение событий, которых можно было бы избежать.

К сожалению, только Чернобыльская авария стала доступной для международного и национального обмена опытом и знаниями. Однако этот станет эффективным только в том случае, если концепции культуры безопасности будут восприняты всеми участниками.

Заключительные замечания

Последствия Чернобыльской аварии проявились во всем мире. Необходимо иметь уверенность, что другая такая катастрофа, связанная или несвязанная с ядерной энергией будет исключена. В этом отношении мы присоединяемся к высказыванию А. Сахарова о том, что ядерная энергетика необходима и должна развиваться, но только при условии практически полной безопасности.

Мы уверены в том, что важным элементом для достижения доверия населения в мирном использовании атомной энергии является открытость во всех аспектах, которые связаны с ядерной безопасностью и, вообще, с энергопроизводством. Ядерная энергетика не может развиваться в изоляции. Чернобыльская авария снова продемонстрировала, что ядерная безопасность является общемировой проблемой. Поэтому необходимо найти согласие при использовании принципов безопасности и внедрения соответствующих методов.

Эксперты: А. Биркхофер (координатор), Ф. Конье, Р. Фармер, Н. Штейнберг, Ж. Вандрие.
[Окончание следует].



В пустынном городе Припять. Из цикла «Эхо Чернобыля». Фото Владимира САВРАНА.

НАСТОЯЩЕЕ. ПОСЛЕДСТВИЯ КАТАСТРОФЫ

«Все, что касается Чернобыльской катастрофы, ее причин и последствий, должно стать достоянием гласности. Нужна полная и неприкрытая правда. Люди должны иметь возможность сами составить мнение о том, что столь прямо касается жизни и здоровья каждого из нас и наших потомков, иметь право на участие в принятии ключевых решений, определяющих судьбу страны и планеты.

Андрей Дмитриевич САХАРОВ.
Вступительное слово к «Чернобыльской тетради», «Новый мир», июнь 1989»

Чернобыльская катастрофа повлияла на многие страны, а при ликвидации ее последствий были допущены серьезные нарушения прав человека.

1) Гласность — это не просто отсутствие секретности, хотя секретность и гласность не могут сосуществовать. Гласность предполагает активные действия. Необходимо стимулировать ученых, по-разному интерпретирующих факты, выражать свое мнение для последующего рассмотрения. Необходимо поощрять каждого профессионального ученого или аналитика в области медицинских последствий радиации, терпеливо выслушивать и изучать проблемы пострадавших граждан. Участие в международных конференциях не должно ограничиваться только носителями ортодоксальных взглядов.

2) Гласность предполагает долг и ответственность уважать правду и честность. Те, чьи взгляды отличаются, как и те, чьи взгляды совпадают со взглядами большинства, несут ответственность за то, чтобы не впадать в крайности и отличать саму правду от эмоций. Если среди ученых нет единого мнения, для разрешения противоречий должен быть создан международный консультативный комитет.

3) Данные по всем предыдущим авариям и инцидентам в атомной энергетике в СССР должны быть рассекречены и широко доступны для анализа, включая данные о последствиях высоких доз профессионального облучения в Челябинске с 1947 по 1960 гг. и данные об аварии на установке в Кыштыме в 1957 г.

4) Имеются многочисленные сообщения о том, что информация, касающаяся Чернобыля, держат в секрете. Это является основной причиной утраты массового доверия к заявлениям властей и возрастания тревоги и напряженности у населения. В первую очередь надо предпринять все возможные меры для восстановления доверия населения. Это можно сделать, обнародовав все факты, и дав заверения, что в будущем информация о дозах облучения и их медицинских последствиях не будет держаться в секрете. Республиканские и местные власти должны принимать в этом участие. Если для восстановления доверия необходимо сместить со своих постов определенных должностных лиц, это должно быть сделано, так как некоторые нынешние представители власти утратили доверие.

5) Для того, чтобы уменьшить или даже ликвидировать сомнения относительно радиационных данных, необходимо сделать доступной полную документацию как по дозиметрическим измерениям и моделям, так и по медицинским последствиям. Если медицинские последствия окажутся в несоответствии с «классическими», представленными, например, в отчетах Научного комитета по действию атомной радиации ООН (НКДАР), то следует провести специальный анализ и изучение для разрешения этой проблемы.

6) Рекомендуется создать постоянный «Международный наблюдательный и консультативный комитет» (МННК), независимый от двусторонних национальных соглашений. Комитет проанализирует год за годом работу, проделанную в Чернобыле, и создаст специальные группы экспертов для подготовки рекомендаций, планирования и проведения оценок. Комитет соберет и обобщит процедуры по контролю качества и меры, обеспечивающие их соответствие требованиям.

7) Имеющиеся данные о дозах облучения населения и используемых методах должны стать достоянием гласности таким образом, чтобы были защищены права каждого человека. Должен быть разработан и внедрен в практику новый и детальный протокол для определения (реконструкции) доз облучения. Физические измерения внутреннего и внешнего облучения должны быть дополнены соответствующей биологической дозиметрией, такой как цитогенетический анализ, анализ «гликофорин-А», анализ эмали зубов методом электронно-спигового резонанса, включая анализ эмали детских молочных зубов.

8) Нет необходимости проводить эпидемиологические исследования всего населения, подвергшегося облучению в результате Чернобыльской аварии. Однако следует создать регистр всех людей и оценить допустимую дозу. Каждый человек должен быть информирован об оценках своей дозы. Все зарегистрированные могут быть кандидатами для эпидемиологического исследования.

9) Мы обеспокоены многочисленными сообщениями об ухудшении здоровья людей, оказавшихся на территориях, загрязненных в результате Чернобыльской аварии. К ним относятся и дети, получившие облучение ¹³¹I или другими радионуклидами, и ликвидаторы, и жертвы стресса, которому подверглось население на этих территориях.

10) Приоритетным является улучшение здоровья населения загрязненных территорий. Эти шаги должны быть предприняты как можно скорее с целью

(Окончание. Начало см. в № 66).



ГЛОБАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ И БУДУЩЕЕ АТОМНОЙ

обеспечения одинакового уровня медицинской помощи как для сельского, так и для городского населения загрязненных зон. Необходимо особое наблюдение за детьми, включая состояние щитовидной железы. Организация детских летних лагерей в чистых зонах поможет снизить степень риска радиоактивного заражения, уменьшить стресс и улучшить общее состояние в целом, в том числе за счет хорошего питания. Это позволит избежать стресса перемещения при отправке тысяч детей за границу.

11) Многие ученые оправдывают наличие секретности утверждением, что «люди не способны понять проблему». В свободном и демократическом обществе единственное решение этой проблемы заключается в образовании и просвещении людей. Мы настаиваем на том, что усиление гласности в ядерной области должно сопровождаться ростом ядерной грамотности.

12) Существует жизненная необходимость в общем образовании людей в области радиации, в том числе медиков, преподавателей и работников средств массовой информации. Есть предложение организовать три «Международные высшие школы по радиации им. Сахарова» в Белоруссии, на Украине и в западной части России для изучения радиационной дозиметрии, радиационной биологии, радиационной медицины, в которых лекции будут читать международные эксперты. Следует поддержать обращение Белорусского университета в Минске в ЮНЕСКО об учреждении такой школы.

В результате аварии в Чернобыле от радиации или от стресса пострадали сотни тысяч людей. Мировой прогресс зиждется на извлечении уроков из ошибок. Извлечь максимальные уроки — наш долг перед жертвами. Весь мир заинтересован в этом, и мы обращаемся к мировому сообществу с призывом оказать материальную поддержку этой работе.

13) Мы глубоко обеспокоены тем, что эти рекомендации не будут выполнены до тех пор, пока в СССР не будет построено правовое государство и не будут соблюдаться права человека. Этим обусловлена тесная связь между темами: «Глобальные последствия Чернобыльской катастрофы и будущее ядерной энергетике» и «Советский Союз и страны Восточной Европы на пути от тоталитаризма к демократии» — двумя основными темами Первого международного Сахаровского конгресса «Мир, прогресс, права человека».

Эксперты: Елена Бурлакова, Марвин Голдман, Тоснуки Куматори, Ричард Вилсон (координатор).
Консультанты: профессор Франк Паркер (США), профессор Александр Луцко (СССР).

БУДУЩЕЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

1. Введение

Многие страны оказались перед лицом грозившей суровой нехватки электроэнергии. Даже в странах с передовой технологией, где общее использование энергии постоянно уменьшается, потребление электроэнергии увеличивается, заменяя использование других форм энергии. Например, в США потребление электроэнергии за последние 15 лет увеличилось с 27% до 37% в отношении к общему потреблению энергии. В развивающихся странах ожидается увеличение потребления энергии. Большое значение имеет увеличение коэффициента использования энергии, так как позволяет существенно снизить необходимость наращивания производства электроэнергии, и совместными усилиями надо продолжать это дело. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии используются сейчас и будут использоваться в будущем. Но для ближайшего будущего, все-таки основными источниками электроэнергии останутся уголь, нефть, газ, ядерная энергия и гидроэнергия. Перспектива развития гидроэлектростанций довольно ограничена, так как они создают серьезные проблемы для окружающей среды. Нефть и газ — дорогое топливо и их запасов может хватить только на короткий период времени, кроме того, они необходимы для транспорта, бытового отопления, как сырье для химической промышленности. Для многих мест наиболее целесообразным для производства электроэнергии является использование угля или ядерной энергии. Их стоимости одинаковы, а при стабильных режимах ядерная энергия даже несколько дешевле. Исследования Министерства энергетики США показывают, что новые атомные электростанции будут на 20% экономичнее угольных, а исследования в Японии и Европе показывают еще большее преимущество ядерной энергетики. Но самое важное преимущество ядерной энергетики перед использованием угля относится к области охраны окружающей среды. При сжигании угля, нефти, газа выделяются огромные количества двуокиси углерода, что является основной причиной глобального потепления. К предсказанным эффектам глобального потепления в следующем веке относятся широкомасштабное разрушение сельского хозяйства, тяжелые последствия для лесов и животного мира, включая исчезновение важных видов, усиленное размножение вредных насекомых, возрастание частоты засух, ураганов, лесных пожаров и наводнений, затопление океаном низких территорий суши.

Уменьшение этих эффектов за счет снижения выделения двуокиси углерода является основной международной задачей.

Оксиды серы и азота, выделяющиеся в процессе сжигания угля, вызывают кислотные дожди и кислотные отравления, повреждающие деревья и разру-

шающие водную жизнь во многих областях света. Сжигание угля для производства электроэнергии является одним из основных источников загрязнения воздуха в промышленных зонах. В США, где за последние 20 лет были приложены большие усилия в этой области, есть данные, что причиной 3% всех смертей является загрязнение воздуха. В других странах ситуация несомненно хуже.

Большая доля мирового населения болеет легочными заболеваниями, вызванными загрязнением воздуха. В дополнение к проблеме заболеваний, загрязнение воздуха, вызываемое сжиганием угля, несет с собой широкий спектр проблем загрязнения окружающей среды, включая потемнение зданий, расстрескивание строительного камня и статуй, разрушение тканей одежды, поверхности почвы и т. д.

Добыча каменного угля является одной из самых тяжелых работ в мире, шахтеры уходят на пенсию с различными травмами и смертельными легочными заболеваниями, являющимися следствием очень вредных условий труда. При авариях на шахтах ежегодно погибают много сотен шахтеров. Кислотный дренаж угольных шахт является важным источником загрязнения вод, делая воду непригодной для питья и убивая рыбу. Пожары в шахтах и в заброшенных шахтах, тлеющие годами, относятся к ведущим проблемам загрязнения воздуха. Закладка угольных шахт разрушает поверхность земли, делая ее непригодной для другого использования.

Всех этих проблем можно избежать при использовании ядерной энергии. Использование ядерной энергии не вызывает глобального потепления, кислотных дождей и загрязнения воздуха. Требуется лишь небольшая часть шахт по сравнению с использованием угля.

Анализ влияния на здоровье показывают, что воздействие на здоровье, включая потенциальную смерть, вызываемое ядерной энергетикой, составляет от 0,1% до 1% от числа случаев, вызываемых сжиганием угля при том же самом производстве электроэнергии. Статистический риск программ большой ядерной энергетике, как правило, равен риску от регулярного курения сигарет курильщиком еще одной сигареты каждые 15 лет, или избыточного веса человека в 0,3 грамма, или увеличения скорости автомобиля на 0,01%.

Дальнейшее использование ядерной энергии в развивающихся странах является желательным для того, чтобы освободиться от традиционных (нефть и газ) источников энергии. Для повышения уровня жизни в развивающихся странах в ближайшие годы предполагается большой рост потребления энергии в этих странах. Использование ядерной энергии в развивающихся странах перспективно там, где для этого имеются соответствующие условия, такие, как:

1. Достаточно развитая сеть энергосистем.
2. Достаточно развитая технико-индустриальная инфраструктура.
3. Национальная и региональная политическая стабильность.

При наличии этих условий развитие должно происходить полностью в рамках Соглашения о нераспространении ядерного оружия или эквивалентных многосторонних соглашений под контролем международной инспекции. Для малых и средних энергосистем (мощность 10 000 МВт) неэкономично иметь полный цикл с переработкой топлива. Для маленьких стран топливно-энергетический цикл не приемлем по соображениям конкуренции со странами-поставщиками. В будущем желательны создание региональных топливных центров для групп стран.

Все это дает нам основания полагать, что ядерную энергетику ожидает большое будущее.

2. Предотвращение в будущем аварий, подобных Чернобыльской

В настоящее время хорошо понимается значение техники для достижения высокого уровня безопасности и такая техника широко применяется. В будущем она будет использоваться еще шире благодаря конструированию реакторов, которые будут легче в управлении и эксплуатации. Ключевым для ближайшего будущего является практическое использование методов анализа безопасности для всех реакторов. Применение этих методов позволяет определить отклонение от стандартов безопасности и провести корректировку.

Они обеспечивают четкое руководство для руководителей и надзорных органов и устанавливают приоритеты деятельности. Основное улучшение ожидается за счет уверенности в хорошей подготовке руководителей, начальников смен, операторов и обслуживающего персонала. Их подготовка должна оцениваться регулярной независимой проверкой. Она должна включать постоянную самооценку, региональные проверки и периодический контроль безопасности высшими органами.

3. Существующие советские реакторы

Безопасность советских реакторов (их более 20 в СССР и еще больше, включая близлежащие страны) ниже мировых стандартов безопасности, несмотря на некоторые производственные улучшения. Можно разрешить временную эксплуатацию некоторых из этих реакторов для того, чтобы избежать нехватки электроэнергии в некоторых районах. Мы настоятельно рекомендуем, чтобы это было признано временной аварийной мерой. За это время должны быть начаты (или продолжены) интенсивные усилия советских организаций по проверке и улучшению

ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ

ЭНЕРГЕТИКИ

◆ I МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПАМЯТИ АНДРЕЯ САХАРОВА
«МИР, ПРОГРЕСС, ПРАВА ЧЕЛОВЕКА».
◆ МОСКВА, МАЙ 1991 г.

всех аспектов управления, обучения и обслуживания. Международная поддержка, например, со стороны WANO, МАГАТЭ или двусторонние связи являются полезными, но основные усилия в этой области должны быть приложены со стороны СССР.

4. Безопасность советских реакторов

В настоящее время в СССР в эксплуатации находятся следующие типы реакторов:

1. Старые модели ВВЭР-440/230.
2. РБМК.
3. Новые модели ВВЭР-1000.
4. Перспективные реакторы, включая реакторы на быстрых нейтронах.
5. Реакторы военного назначения.

Реакторы типов 1 и 2 не имеют классической защитной оболочки, которая имеется почти на всех реакторах других стран мира. Аналогичная ситуация для многих реакторов категорий 4 и 5. Кроме того, в дополнение к существующим в СССР старые модели ВВЭР-440/230 находятся в эксплуатации в Болгарии и Чехословакии.

Основными недостатками реакторов ВВЭР-440/230 являются:

1. Отсутствие защитной оболочки.
2. Увеличение хрупкости корпуса реактора с течением времени.
3. Устаревшие КИП и СУЗ.
4. Недостаточная противопожарная защита.
5. Отсутствие резервирования оборудования и систем.
6. Отсутствие альтернативных источников энергоснабжения.
7. Недостатки эксплуатационной процедуры.
8. Недостаточная квалификация персонала, надзорных органов и несоответствующий уровень руководства.

Аналогичные реакторы, находившиеся в эксплуатации в бывшей ГДР, закрыты по причине несоответствия требованиям безопасности. Их реконструкция была признана компаниями, ответственными за эксплуатацию, экономически нецелесообразной. Аспекты безопасности реакторов ВВЭР являются предметом изучения со стороны МАГАТЭ и WANO.

Можно ожидать, что результаты этих исследований помогут регулирующим органам в странах, которые продолжают эксплуатацию этих реакторов, прийти к соглашению относительно того, на какой период времени и с какими специфическими требованиями разрешить эксплуатацию этих реакторов.

5. Общие основы безопасности реакторов

РБМК Чернобыльского типа специфичен для СССР. Аналогичных реакторов нет нигде в мире. Однако в Великобритании есть графитовые реакторы, охлаждающиеся углекислым газом. Были такие реакторы и во Франции. Еще раньше был один графитовый реактор в США. После Чернобыльской аварии безопасность РБМК изучалась экспертами по безопасности на Западе независимо от работ, проводимых в СССР. Советские специалисты выполнили ряд модификаций в проекте станции и установили более строгую эксплуатационную процедуру. Были также усилены функции регулирования. Новая модель реактора ВВЭР-1000 имеет защитную оболочку и ее проектные характеристики в общих чертах сравнимы с РВР в других странах. Область потенциального улучшения, отмеченная в этих реакторах — это применение легких для восприятия КИП и СУЗ в помощь операторам. Опыт эксплуатации реакторов в других странах показывает, что радиационную важность имеют:

1. Строгое соблюдение всех эксплуатационных инструкций.
2. Подготовка и переподготовка операторов, их квалификация.
3. Анализ эксплуатации надзорными органами.
4. Обзор инцидентов, отказов аппаратуры, ошибок операторов, а также изменений в проекте, оборудовании и процедурах в случае необходимости.
5. Контроль качества и надзор при проектировании, производстве, сооружении и техническом обслуживании.

Советские операторы принимают участие в миссии экспертов группы МАГАТЭ по анализу эксплуатационной безопасности АЭС (OSART). WANO организовала обмен информацией между эксплуатирующими АЭС организациями СССР и других стран. Имеются специфические отличия в эксплуатации и техническом обслуживании. Однако задача обеспечения безопасности эксплуатации реакторов должна быть выполнена главным образом на национальном уровне. Это означает, что советские регулирующие органы и эксплуатирующие АЭС организации должны проводить шаги, отмеченные выше. Они могут получить содействие за пределами СССР, то фундаментальным требованием является свободный поток информации, критическая оценка фактов, участие людей всех уровней в организации и невмешательство страши в иерархии. Одним из уроков недавнего опыта является проведение индивидуальных оценок систем безопасности каждой работающей АЭС. Целью такой оценки является определение, содержит ли проект достаточные характеристики безопасности системы и адекватна ли эксплуатационная процедура, позволяющая безопасно реагировать на отклонение параметров и предотвращать потенциально опасные ситуации.

Проведено много исследований конкретных стан-

ций в США и в Западной Европе, с использованием методов вероятностного анализа и реального описания теплогидравлических и других физических процессов. Анализ конкретной АЭС должен быть специфичным для нее, поскольку конструкция и проблемы эксплуатации носят индивидуальный характер. Почти на всех АЭС использовались эти современные методы. В результате проведенных исследований были предложены конструктивные и эксплуатационные изменения, которые, не являясь дорогостоящими, позволяют значительно повысить надежность и безопасность. Применение этих усовершенствований уменьшает общий расчетный риск конкретных АЭС во много раз, иногда в 10 или более.

Рекомендуется, чтобы каждая действующая АЭС подверглась такому анализу. Такие анализы должны проводиться совместно с персоналом АЭС, знакомым со специфическими деталями. При этом можно быть уверенным, что характеристики безопасности будут существенно повышены на каждой действующей АЭС.

6. Будущее АЭС

В настоящее время усилия проектировщиков во всем мире направлены на дальнейшее совершенствование технологии легководных реакторов. Развитие технологии легководных реакторов имеет преимущество, поскольку учитывает приобретенный за последние 30 лет опыт работы сотен современных легководных реакторов. Они в большей степени используют пассивность, избыточность и разнообразие, улучшенные эксплуатационные процедуры, взаимодействие «человек — машина», большой тепловой запас и другие улучшения. Эти энергетические реакторы будут заказаны и сооружены в следующие 5 или 10 лет, усовершенствования будут осуществлены и таким образом, безопасность всех атомных электростанций будет улучшена.

В дополнение, разнообразные работы по совершенствованию конструкций проводятся сейчас во всем мире. Во многих случаях в этих усовершенствованных проектах используют другие технологии реакторов: реакторы с охлаждением жидким натрием и другими жидкими металлами, газовым охлаждением, пассивных при отклонении параметров, реакторов, меньших по размерам и имеющих модульную конструкцию, реакторов канального типа, использующих улучшенное топливо и т. д. Не все эти усовершенствованные проекты готовы для широкомасштабного применения в следующем десятилетии, но в недалеком будущем (от 10 до 30 лет) многие из этих подходов начнут широко применяться. Дополнительное технологическое развитие может включать улучшенный топливно-энергетический цикл, гибридные технологии с возможным использованием ускорителей и средств на основе синтеза, усовершенствованные методы преобразования энергии и другие технологические подходы. Технологический прогресс в результате применения этих усовершенствованных технологий ожидается как в области энергетических реакторов, так и в других областях, таких как авиатехнология, автомобильная технология, химическая технология и технология связи.

Можно ожидать, что энергетические реакторы станут более безопасными, менее дорогими, более топливэффективными, и менее вредными для окружающей среды. Нами обсуждался вопрос относительно размещения новых реакторов под землей, как меры защиты населения. Экономические последствия подземного размещения были рассмотрены, но результаты невозможно обобщить, так как это зависит от специфики площадок. Если советские конструкторские и регулирующие организации или такие же организации в других странах увидят преимущества такого подхода, то они могут применить его, в подходящих местах. Подземное размещение имеет несколько преимуществ, таких как большая степень защиты окружающей среды и защита реакторов от террористических актов.

Проектные и регулирующие организации в других странах также рассматривают подземное размещение реакторов как возможный подход для надежной безопасности населения, окружающей среды и самих реакторов.

7. Радиоактивные отходы

Широко принято, что высокоактивные радиоактивные отходы должны быть преобразованы в твердую форму и помещены в скальные породы глубоко под землей.

Мы можем использовать эти знания для создания надежного вероятностного анализа риска этой системы. Результаты показывают, что риск может быть неизмеримо мал. Например, суммарное количество вероятных смертей от выхода ядерных отходов в биосферу меньше 0,001 от количества смертей, вызванных загрязнением воздуха от сжигания угля для производства такого же количества энергии. Однако, эта же техника расчета, использованная для оценки риска от отходов сгоревшего угля, дает интересные результаты: сохранившиеся канцерогены, такие, как соединения бериллия, кадмия, никеля и хрома, образующиеся при сжигании угля, будут вызывать в 1000 раз больше смертей, чем ядерное загрязнение. Это справедливо также в отношении радиоактивного загрязнения от сжигания угля, включая изотопы урана, тория и радия, которые в итоге генерируют радон, один из самых сильных источников радиоактивного загрязнения в некоторых местах. Низкоактивные радиоактивные отходы из ядер-

ных энергетических установок помещают в неглубокие котлованы, и нет уверенности, что это обеспечивает адекватную безопасность. Из различных источников и прямым измерением нам известно много о том, каким образом корни растений впитывают вещества из почвы и преобразуют их в то, что в последствии станет нашей пищей. Вероятностный анализ риска, основанный на этой информации, дает оценку возможного воздействия, которое будет на порядок меньше величины, вызванной высокоактивными загрязнениями. Научные исследования по совершенствованию техники захоронения отходов должны быть продолжены, в особенности из-за проблем отношения населения к размещению хранилищ отходов. Размещение под дном морей, вероятно, является более безопасным процессом, но это запрещено международными конвенциями. Разделение актинов может производиться в быстрых реакторах с выделением тепла или в ускорителях, что заслуживает рассмотрения. Итак, мы полагаем, что имеется мало или недостаточно научных оснований для поддержания распространяемого мнения о том, что отходы представляют собой ощутимую опасность для населения.

8. Нераспространение ядерного оружия

Международное сообщество дало МАГАТЭ мандат, определяющий инспекционный механизм, который гарантировал бы, что ядерные материалы и установки, представленные для мирных целей, не будут использоваться для военных целей. Сложная система инспекций, охватывающая большое число установок во всем мире, была установлена МАГАТЭ.

Установки, используемые для военных целей и не попадающие под договор о нераспространении, не охватываются этой инспекционной программой, кроме тех немногих установок, которые были поставлены под контроль МАГАТЭ добровольно. Фактически ни одна гражданская установка не была использована для производства ядерного оружия и страны, которые обладают таким оружием, сделали это с помощью установок предназначенных для военных целей.

Разрядка напряженности между двумя сверхдержавами стала благоприятной тенденцией для сокращения ядерного оружия в мире, есть надежда, что решения по сокращению ядерных вооружений могут быть достигнуты между США и СССР в наступающем месяце и следующие несколько лет переговоры будут продолжены.

Другие ядерные державы (Великобритания, Франция, Китай) могли бы также быть включены в процесс сокращения ядерного арсенала. Все усилия должны быть приложены к тому, чтобы страны со сложной программой ядерного вооружения и страны, стоящие на пороге овладения ядерным оружием, присоединились к процессу сокращения и окончательного уничтожения ядерного оружия. Договор о частичном запрете ядерных испытаний запрещает проведение ядерных испытаний в атмосфере или в космосе.

Ведется работа над многосторонним договором по запрещению ядерных испытаний, включая подземные. Такой договор будет способствовать нераспространению ядерного оружия. Такие организации, как ООН, позволяют многим странам сотрудничать в деле сохранения мира и напряженности посредством переговоров, способствующих дальнейшему прогрессу на пути к ядерному разоружению. Аналогичное сотрудничество должно сочетаться с такими мерами, как санкции, необходимые для предотвращения приобретения ядерного оружия группой людей или наций, что является областью повышенного требования к международному сотрудничеству на долговременной основе. Международное сообщество должно работать над разрешением региональных конфликтов, уничтожением ядерного оружия и мощностей для производства ядерного оружия.

9. Уничтожение боеголовок

Использование ядерных боеголовок как топлива в энергетическом реакторе возможно. Этот материал может быть использован для производства топлива для современных реакторов и, таким образом, возможность уничтожения ядерного оружия, существует уже сейчас.

В будущем материал боеголовок может быть использован в реакторах на быстрых нейтронах. Их общая мощность не велика в масштабе мировой энергетической потребности (менее 50 000 МВт/год), но это было бы, конечно, в духе Андрея Сахарова, большим важным шагом на пути к миру.

10. Образование

Хорошее понимание основ производства энергии важно для рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды. Требуются большие усилия к обеспечению доступной и надежной информации на многих уровнях, включая профессоров университетов, учителей начальных классов и средних школ, также как студентов. Кроме того это могло бы включать образование журналистов и основного населения с помощью телевидения, фильмов, журнальных статей и газет. В добавление к основной информации о потребностях электроэнергии и ресурсах имеется несколько других тем, относящихся к делу. Эти темы включают в себя простые описания различных методов преобразования энергии и их побочных продуктов. Необходимо обучить современным методам для понимания, измерения и управления рисками для жизни отдельного человека и жизни в индустриальном обществе.

Эксперты: Ф. Яноух (координатор), Р. Будниц, Г. Валлиндер, Б. Коэн, Н. Мельников, А. Шихаб-Эльдин.

Консультанты: профессор Эндрю Сесслер (США), профессор Эд Зеброски (США), профессор Малур Шринавасан (Австрия).

Материал подготовил Александр КАРАСЮК.