

Редакция получила немало писем с просьбами опубликовать материалы по ядерной тематике Первого Международного Конгресса памяти А. Д. Сахарова, проходившего весной этого года в Москве. Прочитав итоговые документы, мы, честно говоря, не нашли в них каких-то принципиально новых взглядов, отличных от уже опубликованных в журнале. Однако мы решили предоставить читателям возможность самим ознакомиться с некоторыми рекомендациями и предложениями экспертов по теме «Глобальные последствия чернобыльской аварии и будущее ядерной энергетики».

## „МИР, ПРОГРЕСС И ПРАВА ЧЕЛОВЕКА“

Москва, 21—25 мая 1991 г.  
Рекомендации и предложения экспертов по теме:  
«Глобальные последствия чернобыльской аварии и будущее ядерной энергетики»

### ПОСЛЕДСТВИЯ КАТАСТРОФЫ

**Эксперты:**  
профессор Р. Уилсон (США),  
профессор Е. Бурлакова (СССР),  
профессор М. Голдман (США),  
профессор Т. Куматори (Япония)

Данные обо всех авариях и инцидентах в СССР, связанных с выбросом радиоактивных продуктов, должны быть рассекречены и стать широко доступными для анализа. Это касается последствий облучения персонала высокими дозами в Челябинске в 1947—1960 гг. и аварии в Кыштыме в 1957 г.

Неоднократно сообщалось о случаях засекречивания информации, касающейся Чернобыля. Это основная причина потери доверия к официальным заявлениям, вызывающим также обеспокоенность и напряженность среди населения. Необходимо сделать все возможные шаги для восстановления этого доверия, включая обеспечение доступа к данным и гарантию, что информация о дозах облучения и влиянии на здоровье людей не будет засекречена в будущем. В этом должны принять участие отдельные республики и округа. В случае необходимости следует произвести смену руководителей для завоевания доверия, так как некоторые из них это доверие потеряли.

Для уменьшения и желательного устранения сомнений и обеспокоенности, касающихся радиоактивного загрязнения, необходимо обеспе-

чение открытого доступа ко всей документации по радиационным измерениям, моделям расчета и радиологическим последствиям.

Рекомендуется создание постоянного «международного наблюдательного и консультативного комитета» (ИОАС), независимого от двусторонних национальных соглашений, для ежегодного анализа осуществляемых в Чернобыле работ, организации, в случае необходимости, специальных экспертных групп для проведения консультаций, оценки и планирования.

Имеющиеся данные о дозах облучения населения и методах измерения следует сделать общедоступными, обеспечив защиту прав каждой личности.

Требуется проведение эпидемиологических исследований всех людей, подвергшихся в Чернобыле облучению радионуклидами. При этом необходима подготовка списка всех облученных и оценка доз облучения. Каждый человек должен быть информирован об оценке полученной им дозы.

Многие ученые оправдывали секретность, ссылаясь на то, что «народ не может понять». В свободном и демократическом обществе единственное решение проблемы — просвещение населения.

Имеется предложение организовать три «Международные сахаровские школы по радиации» в Белоруссии, на Украине и в западной части России для изучения радиационной дозиметрии, радиационной биологии и радиационной медицины с чтением специальных лекций международными экспертами.

В результате чернобыльской аварии, облучения и стрессов пострадали сотни тысяч человек. Всемирный прогресс достигается на ошибках. Своими знаниями человечество обязано его жертвам. Весь мир заинтересован в прогрессе, и участники конгресса призывают международное сообщество обеспечить финансирование исследований, которые будут способствовать его развитию.

### БУДУЩЕЕ ЯДЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**Эксперты:**  
профессор Роберт Дж. Вудниц (США),  
профессор А. Коэн (США),  
профессор Франтишек Януш Шринивазан (Швеция, Чехо-Словакия),  
профессор Эднан Шихаб-Элдин (США),  
профессор Николай Мельников (СССР),  
профессор Гуннар Валлиндер (Швеция),  
профессор Эндрю Сесслер (США),  
профессор Эд Зебовский (США)

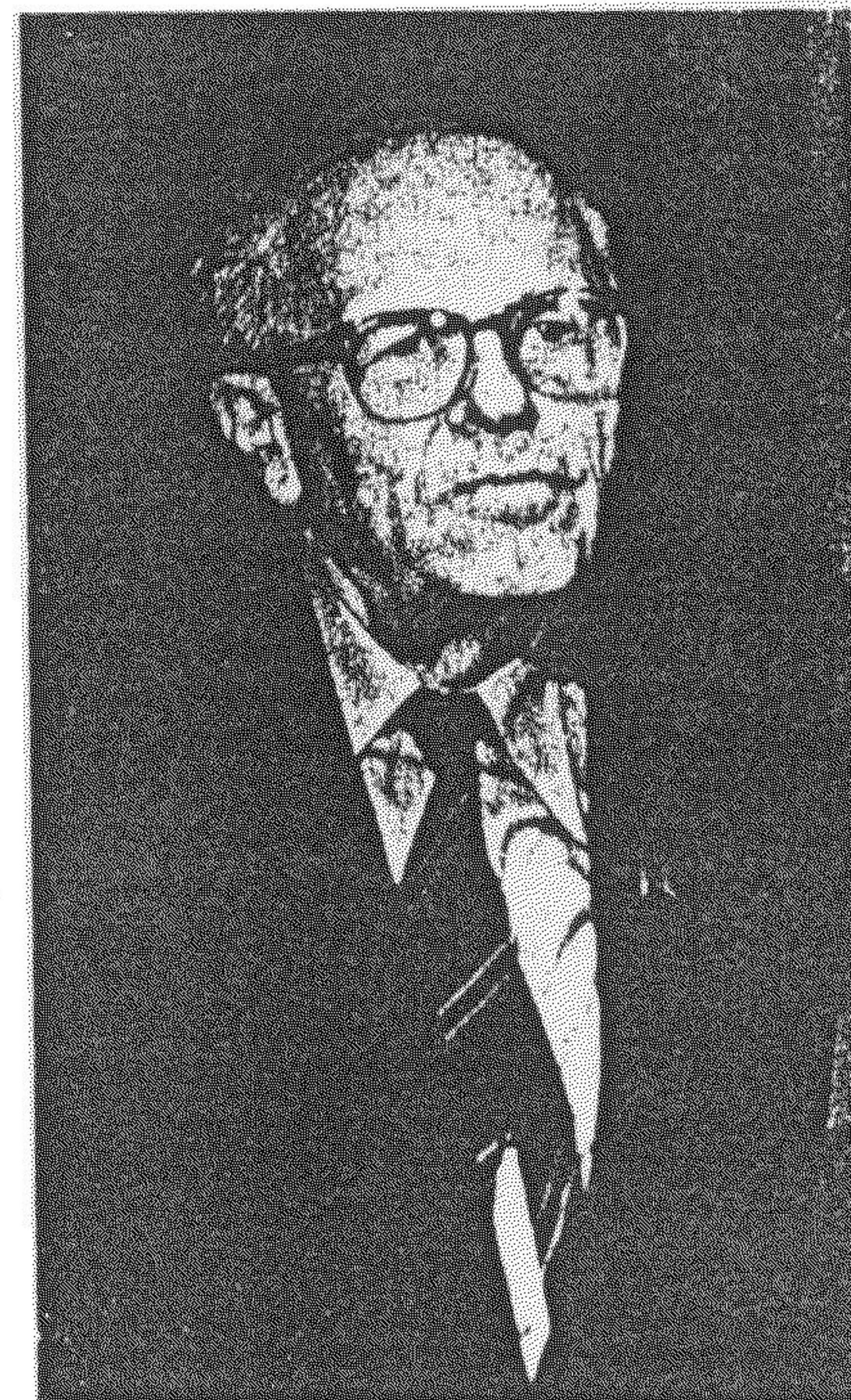
Многие страны неизбежно сталкиваются с существенной нехваткой электрогенерирующих мощностей. Даже в странах с высокоразвитой технологией, где общее потребление энергии стабильно или снижается, использование электроэнергии возрастает в связи с отказом от энергоносителей в сырой форме. Например, в США доля энергии, потребляемой в виде электричества, увеличилась за последние 15 лет с 27 до 37%. В развивающихся странах ожидается увеличение общего энергопотребления.

Большое значение приобретает энергосбережение, позволившее значительно уменьшить рост энергопотребностей. Сегодня определенный вклад в общее энергопроизводство вносят солнечные и другие альтернативные источники электроэнергии. Впоследствии их доля будет возрастать. Однако, по крайней мере, в ближайшее время основными источниками электроэнергии останутся уголь, нефть, газ, ГЭС и АЭС.

Строительство новых ГЭС, как правило, ограничивается нехваткой площадок и связано с экологическими проблемами. Нефть и газ являются дорогостоящим топливом. Их поставки ограничены (по крайней мере, с точки зрения долгосрочной перспективы). К тому же они больше требуются в других областях промышленности, например, на транспорте, для обогрева помещений, для производства пластмасс и органических химических продуктов.

Для многих населенных пунктов единственный надежный источник энергии — ТЭС на угле или АЭС. Их стоимость примерно одинакова, а при стабильной системе лицензирования стоимость АЭС несколько ниже. Исследования Министерства энергетики США показывают, что экономичность будущих ядерных энергоблоков будет на 20% выше ТЭС на угле. Экономические оценки, сделанные в Западной Европе и Японии, свидетельствуют о значительных преимуществах АЭС.

Однако, основное преимущество АЭС перед ТЭС на угле связано с защитой окружающей среды. В результате сжигания угля, нефти и газа образуется огромное количество CO<sub>2</sub>, являющейся главной причиной глобального потепления. Прогнозируемые его последствия в следующем столетии приведут к значительному ухудшению землепользования, серьезной угрозе для лесов и фауны, включая потерю ценных видов, распространению вредителей, повышению частоты засух, ураганов, лесных пожаров и наводнений, потерю водоносных и низменных литоральных земель. Смягчение



этих последствий благодаря сокращению выбросов CO<sub>2</sub> — первостепенная международная задача.

Сера и окислы азота, образуемые при сжигании угля, вызывают кислотные дожди и туманы, которые поражают леса и уничтожают жизнь в водоемах во многих районах мира. Сжигание угля для производства электроэнергии — один из основных источников загрязнения воздуха в городских зонах. Даже в США, где в последние 20 лет предпринимались значительные усилия по решению данной проблемы, как предполагается, 3% всех смертей связаны с загрязнением атмосферы. В других районах ситуация несомненно существенно хуже.

Добыча угля — одна из тяжелейших в мире профессий, связанная с различными серьезными и злокачественными респираторными заболеваниями и неблагоприятными рабочими условиями. Каждый год в результате аварий в шахтах погибают сотни шахтеров. Кислотное осушение угольных шахт — основная причина загрязнения воды, делающая ее не пригодной для питья и купания и уничтожающая рыб. Пожары в шахтах и тлеющие годами отвалы являются причиной загрязнения воздуха. Открытая добыча угля уродует ландшафт, делая зоны добычи не пригодными для другого использования.

Все указанные проблемы можно избежать при развитии ядерной энергетики, которая не связана ни с глобальным потеплением, ни с кислотными дождями, ни с загрязнением воздуха. Она требует небольшого объема горных работ по сравнению с угледобычей для сжигания угля. Оценка риска для здоровья, в том числе потенциальной смертности в долгосрочной перспективе, от использования ядерной энергии показывает, что он составляет 0,1—1 % риска от сжигания угля для производства такого же количества электроэнергии. Статистическая оценка риска для крупномасштабной ядерно-энергетической программы приблизительно соответствует риску для хронического курильщика, выкуривающего одну лишнюю сигарету каждые 5 лет, или для автомобилиста, превышающего предельно допустимую скорость на 0,01 %.

Целесообразно дальнейшее использование ядерной энергии развитыми странами с тем, чтобы оставить в распоряжении развивающихся стран ценные энергетические источники на ископаемом топливе (нефть и газ).

Развитие ядерной энергетики должно осуществляться под международным контролем в рамках Договора о нераспространении ядерного оружия. Для небольших или средних энергетических систем (менее 10 ГВт) экономически нецелесообразно создавать полный топливный цикл с переработкой облученного топлива. В настоящее время услуги в области топливного цикла, оказываемые странами-поставщиками ядерной технологии, как правило, невыгодны малым странам. В будущем желательна организация региональных центров по топливному циклу, эксплуатируемых совместно несколькими странами. Все указанные соображения говорят о перспективной роли ядерной энергетики в будущем.

#### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ БУДУЩИХ ЧЕРНОБЫЛЬСКИХ АВАРИЙ

Способы достижения высокой степени безопасности в настоящее время хорошо известны и широко применяются. Центральная задача ближайшего будущего — практическое применение методов анализа безопасности для всех реакторов. Ключевым моментом в обеспечении безопасности должна стать гарантия полной подготовки менеджеров, инспекторов, операторов и ремонтников всех уровней. Их работа должна проверяться регулярно независимыми инспекциями, предусматривающими постоянный контроль, местные обследования, периодические обследования органами контроля безопасности.

#### СОВРЕМЕННЫЕ СОВЕТСКИЕ РЕАКТОРЫ

Серия советских реакторов (более 20 АЭС, не считая станций, действующих в других странах) имеет серьезные недостатки с точки зрения мировых стандартов безопасности, несмотря на ряд полезных усовершенствований. Предполагается необходимым временно прервать эксплуатацию некоторых реакторов во избежание

серьезных местных конфликтов в некоторых районах. Следует настоятельно подчеркнуть, что эта чрезвычайная мера должна быть временной.

#### БЕЗОПАСНОСТЬ СОВЕТСКИХ РЕАКТОРОВ

Действующие в настоящее время в СССР реакторы относятся к следующим категориям:

- 1) старые модели реакторов ВВЭР-440,
- 2) реакторы РБМК,
- 3) новые модели реакторов ВВЭР-1000,
- 4) перспективные реакторы, включая реакторы на быстрых нейтронах,
- 5) военные производственные реакторы.

Для реакторов, входящих в I и II категории классическая защитная оболочка, применяемая практически на всех энергоблоках других стран мира, не предусмотрена. Аналогичная ситуация характерна для большинства реакторов IV и V категории. Кроме СССР старые модели реакторов ВВЭР 440 действуют в Болгарии и Чехо-Словакии. Они имеют следующие недостатки: отсутствие защитной оболочки, охрупчивание реакторного корпуса, морально устаревшая контрольно-измерительная аппаратура, ненадежная противопожарная защита, отсутствие резервирования систем и оборудования, отсутствие альтернативных систем электропитания, несовершенство систем управления, недостаточная квалификация кадров, руководства и контрольных служб.

Аналогичные реакторы, действовавшие в бывшей ГДР, были остановлены из-за несоответствия западногерманским требованиям безопасности. Эти реакторы изучаются специалистами МАГАТЭ и WANO. Ожидается, что результаты исследований помогут органам регулирования заинтересованных стран ответить на вопросы: следует ли продолжить эксплуатацию реакторов, на какой срок и какие специальные усовершенствования для этого требуются?

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РЕАКТОРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

После чернобыльской аварии советские специалисты осуществили ряд модификаций конструкции энергоблоков РБМК и ввели более строгие требования к управлению. Усилена также система регулирования.

В новых моделях реакторов ВВЭР-1000 предусмотрена защитная оболочка. Их проектные характеристики в основном соответствуют характеристикам реакторов PWR в других странах мира. Одно из направлений потенциального усовершенствования этих реакторов предполагает установку новейшей контрольно-измерительной аппаратуры в помощь оператору. Задача обеспечения безопасной эксплуатации реакторов должна решаться прежде всего национальными организациями. Им может быть оказано внешнее содействие, но основным требованием является свобода информации, критический анализ фактов и беспрепятственное

участие в обследованиях общественности всех рангов.

Один из последних уроков свидетельствует о важности оценки систем безопасности каждого энергоблока с использованием методов вероятностного анализа и описаний теплогидравлических и других физических характеристик.

Рекомендуется скорейшее проведение такого анализа на тех энергоблоках, где он не осуществлялся.

#### БУДУЩИЕ ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОБЛОКИ

В настоящее время в странах мира разрабатываются различные проекты для дальнейшей оптимизации реакторов LWR. Усовершенствование конструкции основывается на опыте 30-летней эксплуатации сотен таких реакторов.

Кроме того, в настоящее время разрабатываются и более перспективные проекты. В большинстве случаев в них используется совершенно новая реакторная технология, в том числе охлаждение жидким натрием и другими жидкими металлами, почти полностью пассивные системы регулирования аномальных условий, небольшие и модульные конструкции, конструкции трубного типа с применением усовершенствованного топлива и т. д. Ни один из этих перспективных проектов не готов к широкомасштабному внедрению в следующем десятилетии. Предполагается однако, что через 10—30 лет наиболее успешные из них получат мировое признание.

Обсужден вопрос размещения новых реакторов под землей в целях общественной безопасности. Некоторые специалисты считают такое строительство невыгодным, но данные выводы нельзя обобщать, учитывая специфические особенности площадок. Если советские конструкторы и законодатели или специалисты других стран полагают, что такой вариант заслуживает внимания, они могут им выборочно воспользоваться в подходящих для этих целей районах. Подземные АЭС имеют ряд преимуществ, например, более высокую степень защиты окружающей среды и гарантию от внешних воздействий, как природных, так и антропогенных.

#### РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ

В настоящее время широко признается, что радиоактивные отходы должны переводиться в форму горных пород и удаляться в природную среду глубоко под землю. Поведение пород достаточно хорошо изучено. Известно, что при правильном выборе сухие формации сохраняются несколько сотен миллионов лет. Эти данные можно использовать для надежной вероятностной оценки безопасности системы.

Результаты свидетельствуют, что риск можно свести к минимуму. Например, общая вероятность смертности от выщелачивания радиоактивных отходов в биосферу составляет менее 0,1 % от числа потенциальных смертей, вызванных загрязнением воздуха от сжигания угля для выработки такого же количества электроэнергии.

Кроме того, та же методика расчета может быть применена для оценки риска, связанного с отходами от сжигания угля. Она дает интересные результаты: вероятность смертности от долгоживущих канцерогенов, таких, как соединения бериллия, кадмия, никеля и хрома, выделяемых при сжигании угля, в 1000 раз больше, чем от ядерных отходов. Это же относится к радиоактивным отходам от сжигания угля, содержащих изотопы урана, тория и радия, образующего радон, который в большинстве случаев является основным источником радиоактивного загрязнения атмосферы.

Низкоактивные отходы ядерно-энергетических установок удаляются в неглубокие траншеи, и нет уверенности, что при этом обеспечивается соответствующая безопасность. Из различных источников и непосредственных исследований известен процесс поглощения корнями растений различных веществ из почвы и их превращения в то, что в конце концов становится пищей человека. Вероятностный анализ риска на основании имеющихся данных свидетельствует, что потенциальные последствия при этом на порядок ниже, чем последствия, обусловленные высокоактивными отходами.

Необходимо стимулирование исследований по усовершенствованию методов удаления высокоактивных отходов. Захоронение радиоактивных отходов под дном моря достаточно безопасно, но в настоящее время оно запрещено международными конвенциями. Требуется исследование процесса преобразования актинидов в реакторах на быстрых нейтронах в сочетании с производством энергии или с помощью ускорителей.

В конечном итоге можно сделать вывод, что распространенное представление об опасности радиоактивных отходов имеет слабое или неправильное научное основание.

#### УДАЛЕНИЕ БОЕГОЛОВОК

Боеголовки можно удалять и использовать в качестве топлива энергетических реакторов. Этот материал должен применяться в виде добавок при изготовлении топлива для современных реакторов. Таким образом, в настоящее время существует возможность уничтожения ядерных боеголовок. В будущем материал боеголовок может найти применение для выработки большого количества энергии. Общее производство такой электроэнергии будет невелико по сравнению с мировыми энергопотребностями (менее 50 ГВт/год), но оно — по мысли А. Д. Сахарова — явится значительным шагом ко всеобщему миру.

Публикацию подготовил  
Ю. А. МЕДВЕДЕВ