ПОВОЛЖСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. 2006. № 1. С. 40 – 50

УДК 621:53.08 + 621.793

# АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ БУДУЩЕГО

**А.Н. Порунов**

*Сызранский государственный технический университет*
*Россия, 446001, Сызрань, Советская, 45*

Поступила в редакцию 18.03.05 г.

**Атомная энергетика: ключевые проблемы будущего развития. – Порунов А.Н. –** Рассматриваются эколого-экономические и эколого-геоморфологические проблемы современной атомной энергетики. Показаны возможные пути их решения с учетом последних научно-технических достижений, а также накопленного к настоящему времени отечественного и зарубежного опыта эксплуатации атомных станций и сопутствующих объектов системы безопасности.

*Ключевые слова*: атомная энергетика, «водородная революция», экологическая безопасность, сейсмотектонический мониторинг.

**Atomic power engineering: challenges of future development. – Porunov A.N. –** Ecologo-economical and ecologo-geomorphological problems of modern atomic power engineering are discussed. Possible ways of their solution are shown in view of last scientific and technical achievements, domestic and foreign experience of operation of atomic power stations and auxiliary safety objects.

*Key words*: atomic power engineering, «hydrogen revolution», environmental safety, seismic and tectonic monitoring.

## Ренессанс атомной энергетики

В сегодняшней Америке «водородная революция» является вопросом свободы. Удивленная американская общественность узнала о «свободной энергии», когда Президент Джордж Буш еще в первый срок своего президентства представил поистине футуристский план, своего рода национальную программу по созданию автомобиля на водородном топливе.

«Когда сегодня рожденный ребенок сядет за руль своего первого автомобиля, то это будет автомобиль с водородным двигателем, без вредных выхлопов», – заявил Президент. На реализацию этого проекта американское правительство выделило в 2005 г. около 300 млн долларов из запланированных 1.2 млрд. Эта сумма предназначена для исследований, связанных с разработкой топлива и самого водородного двигателя. Однако это – не самая главная проблема, беспокоящая сегодняшнюю Америку. Большую озабоченность вызывает у правительства США проблема энергообеспеченности, а точнее, проблема энергонезависимости страны, независимости прежде всего от арабской нефти. Большинство экспертов решение проблемы национальной энергобезопасности видят в развитии атомной энергетики. Идея развития ядерной энергетики теперь имеет в США не меньшее количество сторонников, чем и инициатива с водородным двигателем. Только электрическая энергия, полученная на новых атомных реакторах, полагают эксперты, даст возможность произвести огромное количество водорода, который будет использо-

© А.Н. Порунов, 2006

ваться на дорогах Америки. «Если еще несколько лет назад нас спрашивали: будем ли мы когда-нибудь снова строить атомные электростанции?» – говорит Джон Роув, шеф атомного концерна США «Exelon», – «то сегодня вопрос звучит иначе: сколько мы будем строить?».

В 2004 г. министр энергетики США Авраам Спенсер выступил с законодательной инициативой «Атомная энергетика в 2010 году», согласно которой предусматривается строительство новых атомных электростанций до конца десятилетия. С принятием нового «Энергетического Билля» атомную энергетику США ожидают огромные денежные вливания. Если Дж. Буш «проведет» новый закон через Конгресс (многие эксперты прогнозируют именно такой исход событий), то в ближайшие годы в США будет построено 7 новых АЭС, на что будет выделено примерно 15 млрд долл. субсидий.

«Наша администрация рассматривает водород как возможный источник неограниченной и чистой энергии», – заявил Авраам Спенсер. Одна из главнейших проблем в этой области – освоить эффективное производство водорода. Атомная энергетика позволяет решить эту проблему наилучшим из всех возможных в настоящее время способом.

Без сомнения, сегодня США видят в атомной энергетике свое будущее – как будто бы не было ни Харрисбурга 1979 г., ни Чернобыля 1986 года. В американском правительстве и в Министерстве атомной энергетики идут дебаты о местах складирования ядерного топлива и радиоактивных отходов.

США – не единственная страна, в которой происходит «водородная революция». Можно сказать, что Мир стоит на пороге «эпохи Возрождения» ядерной энергии. Рост производимых мощностей АЭС в течение последнего десятилетия происходил не только за счет повышения коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) – изменение, напрямую связанное с усовершенствованиями в мировом масштабе характеристик безопасности реакторов. Если в начале 90-х годов прошлого столетия КИУМ АЭС в среднем составлял чуть более 70%, то сегодня он достиг уже 85%, повышение производительности выработки электроэнергии стало эквивалентным добавлению почти четырёх десятков новых атомных станций мощностью 1000 мегаватт. В результате существующие атомные станции становились все более ценными предприятиями. Хотя капитальные затраты на строительство атомной станции высоки, эксплуатационные расходы сравнительно низкие и стабильные. Усовершенствования в области безопасности эксплуатации и улучшение экономических показателей привлекли внимание инвесторов. Данное обстоятельство во многих странах стало существенной движущей силой в принятии решений о продлении лицензий существующих АЭС и строительстве новых.

Сегодня в мире осуществляется строительство 33 атомных электростанций, и, по крайней мере, ещё 27 находятся на различных стадиях проектирования (рис. 1). В ближайшие год – два планируется сооружение новых реакторов в Японии, Китае, Южной Корее, а также на Тайване, в ЮАР и России. В прошлом году в Индии правительство выделило 760 млн долл. на строительство нового атомного реактора-размножителя. В Финляндии принято решение о строительстве пятой АЭС. Некоторые аналитики прогнозируют, что в скором будущем активизируется и Ев-

росоюз – вопреки мораторию на ядерную энергию в Германии, Швеции, Бельгии, Италии, Испании и Нидерландах, где национальные правительства до недавнего времени осуществляли политику свертывания ядерной энергетики. А в конце прошлого года в Европарламенте уже говорили о необходимости разработки атомного реактора нового поколения с водяным охлаждением. В частности, Еврокомиссии комиссии было предложено рассмотреть вопрос о возможности строительства атомных электростанций мощностью от 200 до 300 Гигаватт. По мнению энергокомиссара Евросоюза Лойолы де Палаццо, Европа уже в ближайшие 20 – 30 лет не сможет обойтись без атомной энергии (Сидоренко, 2004).

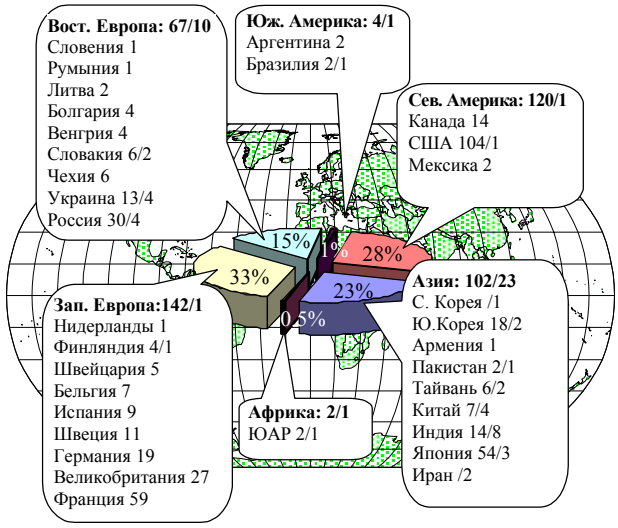


**Рис. 1.** Распределение АЭС по регионам мира в 2005 г. (в знаменателе показано число строящихся (проектируемых) АЭС)

Однако откуда такая уверенность? Неужели уже забыты тысячи больных лейкемией детей Чернобыля? Разве не растёт опасность ядерной катастрофы вместе с ростом числа атомных электростанций, разве не увеличивают они вероятность обладания ядерным оружием все большим числом государств? Политический кризис, разразившийся в связи с ядерной программой Ирана, – наглядное тому подтверждение. А что происходит с всё возрастающими горами радиоактивного мусора?

По оценкам Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), к настоящему времени 442 коммерческих атомных реактора, имеющихся в мире, произвели 255000 тонн высокорадиоактивных отходов. При этом одна из самых больших опасностей исходит от плутония. Только в Евросоюзе уже примерно 500 т этого ультраяда ждут сегодня своей утилизации. Скорость накопления плутонийсодержащих отходов в мире в среднем составляет 70 тонн в год. Как считают эксперты, в течение 250 000 лет, или на протяжении жизни 10 000 поколений, они сохраняют свою смертоносную силу. Меньше чем 10 кг этих отходов достаточно для изготовления атомной бомбы.

Однако с чем же связана новая волна эйфории вокруг атомных электростанций? Основная причина в том, что атомная энергия снова входит в «политический» ландшафт. Виды на водород Дж. Буша, преподносимые американской администрацией как усилия, направленные на защиту окружающей среды, являются хорошим прикрытием для реализации замыслов старой гвардии сторонников атомной энергетики, в этом они видят свой шанс взять реванш за поражение 1986 года.

«Если мы хотим минимизировать или свести на нет парниковый эффект уже в этом столетии, то должны сделать ставку на атомную энергию», – утверждал, например, Джеймс Лавелок, отец теории «Геи», при учреждении в прошлом году Международного ядерного университета в Лондоне. А директор МАГАТЭ Мохаммед аль-Барадей добавил, что «более чем шестая часть населения мира не имеет адекватного доступа к питьевой воде, поэтому энергия атомных электростанций могла бы привести в действие многочисленные установки по опреснению морской воды, тем самым мы могли бы решить ещё одну жизненно важную проблему».

**Технологические и политические нововведения**

Сотрудники МАГАТЭ осуществляют во всем мире контроль за безопасностью работы АЭС и использованием радиоактивных отходов в военных целях. Тем не менее, МАГАТЭ выступает за активное использование атомной энергии в гражданских целях. Почти четыре года назад организация объявила открытый Международный конкурс «Ядерный реактор полного цикла» – этот проект, по замыслу организаторов, должен способствовать созданию реакторов нового типа. Американские ученые уже давно работают в этом направлении. Так, с 2000 г. в США ведутся работы в рамках проекта «Поколение IV» по созданию реактора четвертого поколения. Кроме американцев в этом проекте участвуют 10 государств, среди них Бразилия, Франция, Великобритания, Швейцария и ЮАР. Исследователи планируют уже в течение ближайших 2 – 3 лет создать прототип реактора нового поколения, который, по их замыслам, к 2030 г. будет являть собой становой хребет атомной энергетики. Издержки на разработку пробного образца реактора четвёртого поколения составят около 520 млн долларов.

На данный момент из 100 рассматриваемых технологий в рамках этого проекта оставлено только шесть направлений. Из них три связаны с «быстрыми» реакторами. По всем направлениям составлены подробные перечни НИОКР с указанием объемов финансирования. Сейчас заключаются двухсторонние договоры на выполнение этих НИОКР с теми странами, которые заинтересованы в развитии той или иной технологии. США уже заключили такие соглашения с Бразилией, Канадой, Францией, Южной Кореей. Среди этих шести направлений названа энерготехнология с тяжелым теплоносителем. Однако эта технология не является приоритетным направлением проекта «Поколение IV» только из-за того, что лидер этого направления – Россия – не входит в международное сообщество GIV («Global Introduction Village»), занимающееся разработкой и реализацией инженерно-технологических решений. Хотя у России в результате многолетних исследований и опытной эксплуатации по тяжелометаллическим теплоносителям накоплен колоссальный опыт.

Вместе с тем не следует полагать, что при возврате к традиционным проектам АЭС можно прогнозировать замедление в США развития инновационных технологий. Эти работы развиваются параллельно. Сегодня можно констатировать устойчивую тенденцию повышения общественного внимания к ядерным проблемам. Ежегодный позитивный опыт эксплуатации АЭС в США, постоянное улучшение их показателей говорят о том, что атомная энергетика постепенно набирает обороты после многих лет спада. Ряд направлений американцы в последние годы не раз-

вивали и будут использовать опыт других стран, в том числе и России. По мнению одного из ведущих отечественных специалистов в области атомной энергетики Ю.С. Черепнина, по энергетическим реакторам с тяжелометаллическим теплоносителем у России – безусловный приоритет. Определенный интерес к этому направлению есть у Японии и Франции, но практические работы в этих странах пока не ведутся.

Что касается России, то, как известно, научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежаля (НИКИЭТ), национальный первенец в энергетике с тяжелым теплоносителем, является головным разработчиком и конструктором реакторной установки «БРЕСТ». Создание промышленного реактора на основе этой технологии – не такая уж и отдаленная перспектива. В России идут работы над созданием прототипа такого реактора, и в ближайшем будущем скептики смогут убедиться в том, что эта технология работает. Проект такой установки для Белоярской АЭС практически готов, сейчас заканчивается его экспертиза, ведется подготовка к его лицензированию в Госатомнадзоре. Состояние проекта таково, что уже можно начинать работу по строительству. Если на него уйдет четыре – пять лет, то к 2010 г. вполне реально создание демонстрационного прототипа, который бы снял многие вопросы и убедил противников в том, что этой технологией надо заниматься и что за ней – будущее энергетики (Сидоренко, 2004).

Как считают специалисты из американской национальной лаборатории инжиниринга и экологии в штате Айдахо, новые системы безопасности позволят в недалёком будущем создать такие установки, которые не нуждаются в активном контроле и вместе с тем безаварийны. Например, систему управления радиоактивными стержнями ученые планируют сконструировать таким образом, чтобы при ее отказе стержни сами покидали рабочую зону и вследствие этого цепная реакция автоматически останавливалась. Охладительный контур в новом реакторе будет построен так, что при выходе из строя насосов разница температур хладагента на входе и выходе системы будет достаточной для его естественной циркуляции, тем самым обеспечится непрерывность охлаждения сердечников реактора.

Большие надежды специалисты возлагают на реактор, который 16 лет назад отвергли в Германии. Речь идёт о высокотемпературном реакторе THTR-300 в Гамм-Энтропе, который из-за многочисленных технических аварий, произошедших в течение первых трёх лет своей эксплуатации, потерпел финансовый провал. Тем не менее, эта техника вновь становится популярной. Наряду с многочисленными недостатками у ректоров этого типа есть одно существенное достоинство: его конструкция позволяет избежать перегрева стержней и тем самым предотвратить возникновение неуправляемой реакции. Более того, многие специалисты считают, что на базе так называемого кугельного реактора типа НТК возможен «прорыв» в атомной энергетике. В активной зоне такого реактора расположен контейнер, наполненный, словно бильярдными шарами, графитом сферической формы. Каждый их шаров имеет покрытие, состоящее из 15000 частиц оксида урана размером с маковое зернышко. В реактор загружается более 10 000 таких шаров, хладагентом же служит газ гелий, который нагревается отходящим теплом расщепления ядра до температуры примерно 900°С. Однако даже в отсутствие хладагента конструкция не позволит реактору разогреться более чем до 1600°С, а при такой

температуре исключена возможность расплавления стержней. О своем желании построить до 2007 г. модернизированный вариант этого реактора в районе Кейптауна уже заявил южноафриканский энергетический концерн «Эском».

### Отработанное ядерное топливо и его захоронение

Примечательно, что в мире сейчас наблюдается повышенный интерес к так называемым «быстрым реакторам» и, в частности, к «быстрым реакторам-размножителям», поскольку этот тип электростанций, к которому, например, принадлежали французские «Суперфеникс» или «Кайкар», может использовать ядерное топливо гораздо эффективнее, чем обычные реакторы. Кроме того, новые «быстрые реакторы» будут обладать способностью рециклирования, т.е. повторного использования ядерного топлива, что значительно сократит объёмы радиоактивных отходов. Плутоний и другие проблемные радиоактивные материалы могли бы превращаться в этих реакторах в менее безопасные вещества.

Вопросы утилизации радиоактивных отходов вызывают у ученых-атомщиков не меньшую озабоченность, чем вопросы надежности и безопасности АЭС. По их мнению, АЭС четвёртого поколения – это установка по «трансмутации», своего рода алхимик, который превращает опасные радиоактивные вещества в неопасные.

В теоретическом плане эта идея в целом проработана, итальянский лауреат Нобелевской премии по физике Карло Рубби еще в прошлом столетии предложил один из методов её решения. В реакторе К. Рубби в качестве активного материала используется Торий (Thorium) – тяжелый металл, запасов которого в земной коре хватит для того, чтобы удовлетворить потребность общества в энергии на ближайшие 400000 лет. Однако сегодня «Руббиатрон» считается экономически бесперспективным проектом (Осмачкин, 1998).

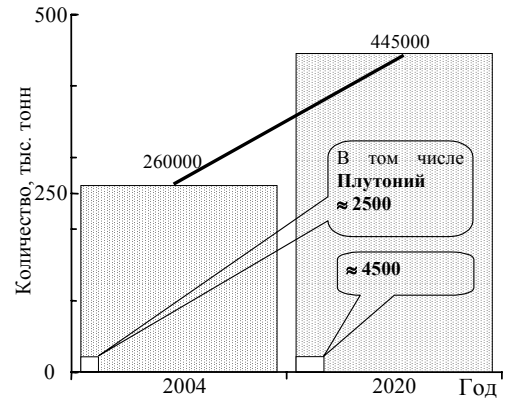


**Рис. 2.** Рост радиоактивных отходов в мире

Тем не менее, идея обезвреживания радиоактивных отходов посредством трансмутации продолжает волновать учёные умы. Например, идея расстреливать свинцовый диск с помощью протонного ускорителя частиц. В этом случае высвобождаемые в процессе распада богатые энергией нейтроны при определенных условиях могут превратить долгоживущие радиоактивные вещества, такие как плутоний, америций или кюрий, в сравнительно недолговечные материалы. Трансмутантные радиоактивные отходы в этом случае представляли бы опасность в течение уже не геологического, а только лишь исторического промежутка времени. Таким образом, радиоактивный мусор с периодом полураспада в несколько десятков тысяч лет мог бы превращаться в материалы, которые уже через 1000 лет имели бы уровень излучения, соответствующий естественному радиоактивному фону.

По мнению специалистов из МАГАТЭ, проблема утилизации радиактивных отходов в значительной степени может быть решена путем захоронения их в глубоких геологических структурах, как это намереваются делать Финляндия и Швеция. Правительство и парламент Финляндии одобрили «принципиальное» решение построить хранилище для окончательного захоронения отработанного топлива недалеко от Олкилуото. Строительство хранилища должно начаться в 2011 г., а его эксплуатация – в 2020 году. Швеция начала детальные геологические исследования на двух предполагаемых территориях и надеется окончательно выбрать место для хранилища примерно в 2008 году. В США Президент и Конгресс в 2002 г. одобрили проведение работ по определению площадки для хранилища в Юкка Маунтин. Их планируют начать в 2010 году.

Однако, приняв решение о захоронении радиоактивных отходов в глубоких геологических структурах, атомщики столкнулись с проблемой геолого-геоморфологической безопасности.

**Проблема геолого-геоморфологической безопасности**

Тяжесть последствий аварий на атомных станциях и в хранилищах радиоактивных отходов делает крайне актуальной проблему их геолого-геоморфологической безопасности, поскольку повреждения этих объектов и выбросы радиоактивных веществ возможны в результате не только технологических аварий, но и при воздействии геолого-геоморфологических факторов – например, землетрясений или тектонических деформаций. Применительно к условиям России эта проблема в значительной степени сводится к тому, что современный уровень геолого-геоморфологической, а точнее, сейсмической и геодинамической изученности Восточно-Европейской платформы, где расположено значительное число объектов отечественной атомной энергетики, не достаточен для доказательного решения вопроса о степени безопасности этих объектов в сейсмотектоническом отношении. Обеспечение геолого-геоморфологической безопасности связано непосредственно не только с деятельностью АЭС, но и с проблемой накопления в стране больших объемов радиоактивных отходов, что повышает риск загрязнения окружающей среды. Существует опасность «разогрева» зоны захоронения отходов, а также опасность проникновением в нее подземных вод.

В международной практике нормы геолого-геоморфологической безопасности АЭС и объектов по переработке и хранению радиоактивных отходов систематически пересматриваются, причем явно доминирует тенденция ужесточения стандартов. Современные требования МАГАТЭ предусматривают проведение исследований сейсмотектонического режима в радиусе 200 км от АЭС, что в полной мере не реализовано ни на одной из российских АЭС (Морозов и др., 2001). Пересмотр норм геолого-геоморфологической безопасности связан не только с более полным осознанием высокой потенциальной опасности ядерных объектов, но и с получением новых данных и развитием новых теоретических представлений о процессе сейсмотектогенеза. Применительно к российским условиям это касается, в первую очередь, пересмотра представлений о сейсмичности и характере тектонической активности платформенных областей, прежде всего в европейской части страны. Последние, согласно новым данным, представляются существенно менее

пассивными и безопасными, чем ранее (Трифонов и др., 1993; Трофимов и др., 1994; Грачев и др., 1996; Израэль, 1998; Кузьмин, 1998; Волож и др., 1999).

В конце прошлого столетия строительство российских АЭС велось в соответствии с нормативами СНиП II-7-81 (1982), основанными на карте «Общего сейсмического районирования (ОСР-78)» (Сейсмическое районирование…, 1980). Однако за последующие после издания этой карты годы неоднократно происходили 9 – 10-балльные землетрясения в зонах, сейсмоопасность которых на карте ОСР-78 была обозначена ниже на 2 – 3 балла. После каждого такого события совершался локальный пересмотр карты ОСР-78 в сторону увеличения сейсмической опасности. В результате появился новый «Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97» (1999).

Согласно ОСР-97, оценки сейсмической опасности многих территорий, в том числе и тех, где расположены АЭС, существенно возросли. Например, зоны вокруг городов Воронежа, Екатеринбурга, Новосибирска, на Кольском полуострове, где расположены некоторые крупные АЭС России. Однако и новый вариант карты сейсмического районирования не является окончательным, поскольку на основе данных о сейсмичности за короткий (меньший характерного периода повторяемости возможного сильнейшего события) период наблюдений не представляется возможным надежно оценить характеристики сейсмического режима для больших интервалов времени. Такая оценка особенно затруднена для платформенных территорий, где землетрясения весьма редки. В последнем случае неизбежна генерализация в представлении результатов. Иными словами, оценки, получаемые по данным за меньший интервал времени, при экстраполяции на больший срок оказываются заметно заниженными (Морозов и др., 2001).

Применительно к проблеме геолого-геоморфологической безопасности российских АЭС наибольший интерес представляет вопрос геодинамического режима Восточно-Европейской платформы и прилегающих к ней территорий. Геодинамический риск для расположенных здесь довольно многочисленных атомных станций связан с разными проявлениями геодинамической активности. В первую очередь отметим потенциальный риск возникновения редких сильнейших ($M > 6.5$) землетрясений. Только за последние 30 лет в мире, в слабосейсмичных и, как правило, платформенных областях произошли несколько сильнейших землетрясений (в Северной Америке, Фенноскандии, Китае, Средней Азии (Газли), Северной Африке, Индии (Койне) и Австралии). Локализация и природа таких экстраординарных событий до сих пор не ясна.

Не менее важным фактором риска для отечественных объектов атомной энергетики является повышенная сейсмическая активность, связанная со скоплениями несильных землетрясений (подобных наблюдающимся в восточной части Воронежского массива, вдоль р. Волги между г. Самарой и г. Волгоградом и на Кольском полуострове) (Кузьмин, 1996). Отметим также опасность, связанную с медленными (несейсмическими) подвижками по разломам земной коры. Опасность представляют и недавно выявленные импульсные деформации разломных зон. Импульсные деформации, скорости при которых на порядок и более превышают средние скорости деформаций, эпизодически регистрируются при режимных наблюдениях на платформах (Родкин, 1998). В связи с этим, как считают многие

эксперты (Гусева и др., 1996; Писаренко, Родкин, 1996; Родкин, 1998; Волож и др., 1999), представления о геодинамической пассивности платформенных областей и возможности в связи с этим ограничиться учетом воздействия на АЭС удаленных землетрясений не отвечают реальности. Особенно остро вопрос учета сейсмотектонической опасности встает в отношении редких сильных платформенных землетрясений. Такие землетрясения, естественно, чрезвычайно редки и предсказать их локализацию (не говоря уже о времени) не представляется возможным.

Пересмотр представлений о потенциальной сейсмотектонической опасности платформенных территорий и, в частности, территории Восточно-Европейской платформы, во многом связан с недостаточной её сейсмической изученностью. Сеть сейсмических станций на платформе чрезвычайно редкая и не обеспечивает регистрации слабых местных землетрясений.

Согласно современным представлениям, разломы являются мерой активности территории в новейшее время. Отсюда встает задача определения современной активности разломной сети в окрестностях многих АЭС России. Однако такие работы до последнего времени не проводились. Как следствие этого, выделяемые на картах зоны разломов не сопровождаются характеристиками их современной активности и соответственно степень опасности этих разломов для АЭС не определена.

Таким образом, характеристики возможной слабой местной сейсмичности для большинства объектов атомной энергетики России остаются неизвестными. Решение этой проблемы большинство специалистов связывают с развертыванием систем сейсмического и GPS мониторинга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конечно, в ближайшем будущем мы вряд ли увидим «безотходный» и абсолютно безопасный реактор. Все разрабатываемые ныне концепции атомных электростанций в той или иной степени уже были реализованы в прошлом и, по известным причинам, потерпели фиаско. Так, например, некогда знаменитые своей безопасностью «быстрые» реакторы сегодня заглушены во всем мире. Однако даже в таком состоянии эти реакторы являются потенциальными источниками радиоактивного заражения, это обстоятельство вынуждает власти отвлекать значительные средства из своего бюджета для обеспечения режима безопасности на таких АЭС. Наглядное тому свидетельство – авария на атомной электростанции «Михама» (Япония), когда 5 человек погибли и около 200 получили ожоги и ранения. Авария произошла из-за нехватки воды в системе охлаждения. В феврале 1991 г. аналогичный инцидент произошел на втором реакторе этой АЭС, тогда в результате аварии из реактора вытекло около 55 тонн радиоактивной воды. В 2000 г. на станции также была выявлена утечка воды из системы охлаждения, что стало причиной остановки реактора.

И тем не менее, пока только реакторы с водяным охлаждение подтвердили свое право на существование. Так, в Германии на их долю приходится до 30% производимой электроэнергии, а во Франции – более 70%. АЭС этого типа, по мнению большинства специалистов, еще не одно десятилетие будут основой атомной энергетики, причина этого лежит не столько в технической, сколько в эконо-

мической плоскости. С точки зрения классической экономики, большинство из них совсем недавно «прошли» период окупаемости (в среднем 20 – 25 лет) и только-только вступили в период максимальной рентабельности. В этом кроется причина так называемого «ренессанса» атомной энергетики, а отнюдь не в их «экологичности» и «безопасности». Действующие ныне АЭС могут помочь многим государственным деятелям на ближайшие годы «закрыть» проблему «энергетических дыр», проблему энергодефицита в национальном хозяйстве, тогда как любой другой подход к их решению потребует огромных финансовых вливаний. Так, администрация Президента Дж. Буша подсчитала, что в случае закрытия действующих АЭС для удовлетворения растущих потребностей в электроэнергии в ближайшие 20 лет стране потребуется ввести в строй 1300 новых электростанций.

По сообщению вашингтонской инвестиционной фирмы «Scully Capital», Министерство энергетики США в целях стимулирования строительства объектов атомной энергетики, в частности АЭС в 2005 г. предоставило, в числе прочих, значительные налоговые льготы фирмам, осуществляющим строительство энергообъектов или производящим оборудование для таких объектов, а также снизило для АЭС объемы обязательного отпуска энергии по фиксированным тарифам. Как известно, аппетит приходит во время еды, и теперь представители атомной индустрии требуют от правительства гарантий на возмещение большей части ущерба в случае аварии, а также минимизации риска прекращения или затягивания строительства из-за судебных разбирательств.

Человек, в чьих руках сегодня находится развитие атомной энергетики в США, доктор Ричард Мезерв, глава Комиссии по ядерной энергетике США, считает, что «уроки безопасности» усвоены специалистами и будут учтены в конструкции реактора IV поколения. Так ли это – покажет только время. Строительство же первой новой АЭС начнется в 2013 году в США.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Волож Ю.А.*, *Антипов М.П.*, *Леонов Ю.Г.*, *Морозов А.Ф.*, *Юров Ю.А.* Строение кряжа Карпинского // Геотектоника. 1999. № 1. С. 28 – 43.

*Грачев А.Ф.*, *Магницкий В.А.*, *Мухамедиев Ш.А.*, *Юнга С.Л.* К определению максимально возможных магнитуд землетрясений на Восточно-Европейской платформе // Физика Земли. 1996. №7. С. 3 – 20.

*Гусева Т.В.*, *Мишин А.В.*, *Сковородкин Ю.П.* Современные движения на разных масштабных уровнях // Физика Земли. 1996. №12. С. 86 – 91.

*Израэль Ю.А.* Радиоактивное загрязнение земной поверхности // Вестн. РАН. 1998. Т. 68, № 10. С. 898 – 915.

Карта новейшей тектоники Европы, м 1:1 000 000 / Ред. Н.И. Николаев. М.: Изд-во МГУ, 1973. 10 л.

*Кузьмин С.Б.* Активные разломы как фактор геоморфологического риска и их ландшафтообразующая роль // Геоморфология. 1998. №1. С. 3 – 9.

*Кузьмин Ю.О.* Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов // Геологическое изучение и использование недр: Информ. сб. М.: Наука, 1996. Вып. 4. С. 43 – 53.

*Морозов В.Н.*, *Родкин М.В.*, *Татаринов В.Н.* К проблеме геодинамической безопасности объектов ядерно-топливного цикла // Геоэкология. № 3. 2001. С. 227 – 238.

*Морозов В.Н.*, *Татаринов В.Н.* Методика выбора участков земной коры для размещения экологически опасных отходов // Геоэкология. 1996. №6. С. 109 – 120.

*Осмачкин В.С.* Атомная энергетика и ее безопасность. КИАЭ // www.machaon.ru/ atomsec/. 1998.

*Писаренко В.Ф.*, *Родкин М.В.* О типах распределений параметров природных катастроф // Геоэкология. 1996. № 6. С. 3 – 12.

*Родкин М.В.* Природные суперкатастрофы // Наука в России. 1998. №3. С. 16 – 21.

Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 года. М.: Наука, 1980. 307 с.

*Сидоренко В.* Атомная энергетика переходит на новый уровень // www.minatom.ru/News/Main/view?id=2223&idChannel=81. 2004.

СНиП –II -7-81. Строительство в сейсмических районах. Строительные нормы и правила / Госстрой СССР. М., 1982. 50 с.

*Трифонов В.Г.* Особенности развития активных разломов // Геотектоника. 1985. №2. С. 16 – 26.

*Трифонов В.Г.*, *Кожурин А.И.*, *Лукина Н.В.* Изучение и картирование активных разломов // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М.: Наука, 1993. С. 196 – 206.

*Трофимов В.Н.*, *Герасимова А.С.*, *Красилова Н.С.* Устойчивость геологической среды и факторы, ее определяющие // Геоэкология. №2. 1994. С. 18 – 28.

Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97, м 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / Ин-т физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. М., 1999. 57 с.