

# Деятельность МАГАТЭ по повышению безопасности атомных электростанций

Л.Г. Эпель, Л.Ф. Франзен и В. Осмашкин\*

На повышение безопасности атомных электростанций ежегодно расходуются во всем мире многие сотни миллионов долларов и тысячи человеко-лет. Но большая часть работ по исследованиям и разработкам в этой области, а также по составлению обзоров, правил и норм проводится не более, чем в шести передовых государствах-членах, которые передают технологию ядерной энергетики всем другим. С другой стороны, развивающиеся страны не могут выделять крупные средства на программы по ядерной безопасности и потому оказываются в значительной степени зависящими от тех же передовых стран в отношении получения такой технологии. И роль Агентства может быть особенно важной именно в деле передачи развивающимся странам технологии ядерной безопасности.

Весь опыт эксплуатации атомных электростанций достигает в настоящее время 3000 реакторо-лет. Многие считают, что уровень безопасности в атомной промышленности должен быть более высоким, чем в любой другой отрасли со сравнимым потенциалом аварий. В результате наиболее известной аварии в Три Майл Айленд доза облучения населения составила лишь небольшую часть дозы, получаемой им в год от природных источников. Достигнутый атомной энергетикой высокий уровень безопасности является результатом труда исследователей, дизайнеров, изготовителей, конструкторов и регламентирующих органов. Но ответственность за безопасность станции, населения и окружающей среды несут в конечном итоге эксплуатационники. На обычной атомной электростанции ежедневно находятся две-три сотни людей, обеспечивающих ее функционирование. Из них лишь человек шестьдесят непосредственно связаны с основным оборудованием станции; остальные выполняют вспомогательные функции, такие как контроль за радиационной безопасностью, электрическое и механическое обслуживание, химический контроль станции, планирование и программирование, обеспечение качества, подготовка персонала и анализ выполняемых операций.

## Введение

На начало 1983 г. 300 энергетических реакторов работают для выработки электроэнергии в 25 стра-

\* Л.Ф. Франзен и В. Осмашкин — сотрудники Секции безопасности ядерных установок Отдела ядерной безопасности Агентства. Л.Г. Эпель — бывший сотрудник Агентства, работает в Брукгейвской национальной лаборатории, Алтон, штат Нью-Йорк, 11973, США.

нах (см. табл. 1). Их мощность около 174 000 МВт<sub>э</sub>, что составляет более 8 % мировых энергетических мощностей. Предполагается, что к 1985 г. доля электроэнергии, производимой атомными электростанциями, возрастет почти до 17 % от всей электроэнергии, получаемой в мире. В течение 1983—1987 гг. ожидается ввод в эксплуатацию 200 новых реакторов установленной мощностью примерно 185 000 МВт.

Как видно из табл. 1, на 1 января 1983 г. в развивающихся странах работал 21 энергетический реактор. Их число возрастет более, чем в два раза в течение следующих пяти лет. Само количество новых станций и множество различных аспектов безопасности создают трудности для стран, развивающих ядерную энергетику. Одни проблемы связаны с присутствием каждой атомной электростанции сложностью, другие вытекают из того факта, что поставщиками созданы различные типы реакторов: реакторы с водой под давлением, реакторы с кипящей водой, реакторы с корпусом под давлением и газоохлаждаемые реакторы.

Более того, эти типы конструкций с годами модифицировались с учетом приобретаемого опыта, тенденции к увеличению мощностей и требований по безопасности. В результате появились не только разнообразные конструкции реакторов, но и различные подходы к проблемам безопасности, предохранительные устройства, противоаварийные оболочки реакторов, методы выбора площадок и т.д. Трудности возникают даже тогда, когда речь идет о хорошо известном типе реактора. Поскольку строительство типовой станции занимает от шести до двенадцати лет, то законченная АЭС может не соответствовать тем требованиям безопасности, которые определились во время ее строительства. Кроме того, может возникнуть необходимость перемонтирования станции и совершенствования правил ее эксплуатации. Это относится и к уже построенным станциям, эксплуатируемым в течение довольно долгого времени.

В связи с тем, что эксплуатация атомной электростанции имеет непосредственное отношение к проблемам безопасности и функционирование ядерного реактора вызывает у общественности серьезные вопросы относительно охраны здоровья и окружающей среды, МАГАТЭ давно поддерживает программы, направленные на повышение безопасности атомных электростанций. Эта поддержка осуществляется по трем направлениям: разработка норм безопасности и сводов практических правил, обеспечи-

Таблица 1. Действующие АЭС на 1 января 1983 г.

Страна	Год начала эксплуатации				Итого	Общая мощность (МВт <sub>э</sub> )	Ввод в действие новых установок, 1983–1987 гг.	
	До 1968 г.	1968–72	1973–77	1978–82			Число установок	Мощность (МВт <sub>э</sub> )
<b>Развитые страны</b>								
Бельгия	1	—	3	2	6	3 463	2	2 012
Канада	2	4	4	4	14	6 686	8	5 064
Финляндия	—	—	1	3	4	2 160	—	—
Франция	5	3	3	21	32	23 355	26	28 940
ГДР	1	—	3	1	5	1 694	7	2 868
ФРГ	3	3	4	5	15	9 831	9	9 411
Италия	2	—	—	1	3	1 232	2	1 964
Япония	1	4	10	10	25	16 589	11	10 289
Нидерланды	—	1	1	—	2	501	—	—
Южная Африка	—	—	—	—	—	—	2	1 842
Испания	—	3	—	1	4	1 973	12	11 156
Швеция	—	1	5	4	10	7 330	2	2 110
Швейцария	—	3	—	1	4	1 940	1	942
Великобритания	24	3	4	1	32	6 470	8	5 066
США	6	19	39	16	80	62 376	55	60 368
СССР	10	4	13	13	40	17 876	22	22 420
<b>Итого</b>	<b>55</b>	<b>48</b>	<b>90</b>	<b>83</b>	<b>276</b>	<b>163 476</b>	<b>167</b>	<b>164 452</b>
<b>Развивающиеся страны</b>								
Аргентина	—	—	1	—	1	335	2	1 291
Болгария	—	—	2	2	4	1 632	2	2 000
Бразилия	—	—	—	1	1	626	1	1 245
Куба	—	—	—	—	—	—	1	408
Чехословакия	—	—	—	2	2	762	8	3 354
Венгрия	—	—	—	1	1	408	3	1 224
Индия	—	3	—	1	4	809	4	880
Южная Корея	—	—	1	1	2	1 193	6	5 284
Мексика	—	—	—	—	—	—	2	1 308
Пакистан	—	1	—	—	1	125	—	—
Филиппины	—	—	—	—	—	—	1	620
Румыния	—	—	—	—	—	—	1	620
Тайвань	—	—	—	4	4	3 110	2	1 814
Югославия	—	—	—	1	1	632	—	—
<b>Итого</b>	<b>—</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>9 632</b>	<b>33</b>	<b>20 088</b>
<b>Всего</b>	<b>55</b>	<b>52</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>297</b>	<b>173 108</b>	<b>200</b>	<b>184 540</b>

Источник: Информационная система МАГАТЭ по энергетическим реакторам.

вающих безопасность, развитие средств обмена информацией и предоставление консультативных услуг. Осуществление двух сравнительно новых программ привело к созданию групп по изучению проблем безопасности АЭС и Системы отчетности по авариям.

**Норма безопасности, обмен информацией и консультативные услуги**

С самого начала Агентство проявляло активность в разработке норм безопасности в ядерной области. Основными публикациями МАГАТЭ, относящимися к эксплуатации атомных электростанций, являются Основные нормы безопасности для радиационной защиты (Серия по безопасности № 9) и документы по операциям Норм ядерной безопасности (часть Серии по безопасности № 50). Первая из этих публи-

каций касается системы ограничения доз для персонала АЭС и населения и основывается на рекомендациях Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Вторая включает в себя Свод практических правил и одиннадцать руководств, составляющих основные требования к обеспечению безопасной эксплуатации атомных электростанций. Они касаются таких аспектов безопасности, как набор персонала, служебное инспектирование, рабочие ограничения и контроль за сбросами.

Один из наиболее эффективных путей повышения безопасности — постоянный обмен информацией и опытом работы. На конференциях, симпозиумах, семинарах, рабочих группах и технических совещаниях специалисты государств-членов могут постоянно пополнять свои знания в области современных тенденций и методов решения проблем безопасности. Эти знания передаются также с по-

мощью учебных курсов и предоставления стипендий на подготовку квалифицированных специалистов для развивающихся стран. Каждый год специалисты из развивающихся стран посылаются в развитые государства — члены МАГАТЭ на сроки от одного месяца до года для обучения на рабочих местах (на имитаторах, в лабораториях, в промышленно-сти, в регламентирующем учреждении).

Возможно, самым непосредственным инструментом повышения ядерной безопасности являются для Агентства консультативные услуги, предоставляемые им, главным образом, путем направления экспертов „на места”. Миссии экспертов по пяти аспектам Норм ядерной безопасности (правительственные учреждения, выбор площадок, проектирование, эксплуатация и обеспечение качества) направляются в страны, запрашивающие необходимую помощь. Кроме таких общих миссий, направляются и специальные миссии для оказания государствам-членам помощи в решении отдельных проблем, связанных с безопасностью. Подобные миссии давали оценку вибрации парогенераторов, составляли компьютерные коды, консультировали по вопросам планирования готовности к авариям и рассматривали технические спецификации для станции. Недавняя миссия по оценке безопасности станции при выведении ее на полную мощность и передаче поставщиком энергетической фирме была столь полезной для запросившего помощь правительства, что было решено сделать такого рода миссию одним из регулярных видов предоставляемых Агентством консультативных услуг.

#### Группы по изучению проблем безопасности

В 1982 г. на Генеральной конференции МАГАТЭ Генеральный директор заявил о появлении новой службы — Группы изучения проблем безопасности (ГИПБ). В рамках этой службы эксперты будут направляться в государство — член Агентства, попросившее его изучить состояние станции и определить возможность ее дальнейшей безопасной работы. Уже поступило несколько таких заявок от государств-членов, и в 1983 г. будет проведено два или три обследования. Предполагается, что через несколько лет, когда группа приобретет необходимый опыт, ежегодно будут проводиться четыре—шесть обследований.

Каждая группа будет включать два—три сотрудника Агентства и три—четыре приглашенных консультанта с большим опытом работы по проблемам безопасности атомных электростанций. Состав экспертов в группах будет зависеть от типа обследуемой станции. Услуги группы будут предоставляться только регламентирующему органу запросившего их государства — члена Агентства, а группа будет действовать независимо от электротехнической компании, ее консультантов, подрядчиков и поставщиков.

Группа будет готовиться к обследованию, используя всесторонний обзор по безопасности и ее оценке, подготовленные как условие, необходимое для лицензирования станции. Эта информация должна

дать наибольшее представление безопасности на данной станции. Будет использоваться также документация, связанная с функционированием станции за время ее существования, рабочими процедурами, организацией работы и квалификацией персонала. Обследование на месте продолжительностью примерно три недели будет включать в себя изучение документации станции, наблюдение за выполнением рабочих процессов и обсуждение с эксплуатационным персоналом.

Особое внимание будет уделяться следующим основным аспектам обеспечения безопасности:

1. Управление — организационная структура, программы повышения квалификации персонала, обеспечение качества, контроль за документами, подход и отношение к безопасности.
2. Учебные программы — организация учебы, помещения и оборудование для персонала станции всех уровней.
3. Рабочие процедуры — для нормальных и необычных условий работы станции, работа станции за время ее существования, документация, процедуры маркировки.
4. Техническое обеспечение — инженерные и технические группы, обеспечивающие наблюдение, модификации станции, изучение опыта работы, технический анализ и т.д.
5. Техническое обслуживание — организация технического обслуживания, процедуры и контроль, документация, оборудование, история.
6. Радиационная защита — контроль за загрязнением, обработка радиоактивных отходов, контроль за сбросами, наблюдение за окружающей средой, радиационная защита персонала, организационный и административный контроль, обучение.
7. Химия станции — водная химия, лабораторные работы, приборы, обращение с отходами, обучение и повышение квалификации персонала.
8. Готовность на случай аварии — задачи руководства по обеспечению подготовки к ядерным авариям как на станции, так и вне ее, включая связь с государственными органами.

По окончании обследования группа возвращается в штаб-квартиру Агентства и составляет отчет. По официальным каналам отчет направляется правительству страны, запросившей помощь. Отчет должен содержать соответствующие выводы и рекомендации. Ниже в рамке приводится пример (информация взята из отчета, подготовленного Институтом по эксплуатации АЭС, INPO, США; первоначально обследование ГИПБ будут проводиться по правилам INPO).

Служба ГИПБ находится еще на первоначальной стадии развития. По мере приобретения опыта будут определяться методы работы групп и разрабатываться руководства для их последующей деятельности.

Образец выводов Группы по изучению проблем безопасности	
КОНТРОЛЬ ЗА РАДИОАКТИВНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ	
<b>ЦЕЛЬ РАБОТЫ:</b> Контроль за радиоактивным загрязнением должен свести к минимуму загрязнение площадей, оборудования и персонала.	
<b>Вывод группы:</b>	Персонал не проходит контроль после выхода из помещений с установленным низкоактивным загрязнением. Это может привести к такому же загрязнению недетектируемых работников.
<b>Рекомендация:</b>	Установить требования по проведению дозиметрии всего тела при выходе работников из помещений с установленным загрязнением при съемных уровнях поверхностного загрязнения свыше 1000 распадов в минуту/100 см <sup>2</sup> .
<b>Ответ фирмы:</b>	Опыт работы станции и политика сохранения низких уровней загрязнения сводят к минимуму вероятность загрязнения персонала, обнаруживаемого обычными методами контроля. Используемые портальные дозиметры Гамма-10 более эффективны, чем фрискеры, при определении загрязнения какой-то площади, но не при загрязнении отдельных мест. Опыт показывает, что вероятность загрязнения персонала значительно возрастает, когда уровни загрязнения площади превышают 10 000 распадов в минуту/100 см <sup>2</sup> . Поэтому мы требуем проверки на выходе с такой площади. Случаи загрязнения персонала и результаты измерения загрязнения всего тела указывают на то, что такая программа является удовлетворительной.
<b>Комментарий:</b>	Политика проверки, требующая от персонала дозиметрии всего тела на выходе с площади с установленным загрязнением лишь в том случае, когда съемные уровни поверхностного загрязнения превышают 10 000 распадов в минуту/100 см <sup>2</sup> , не соответствует практике лучших промышленных предприятий. Опыт показывает, что в большинстве случаев загрязнение тела в отдельных местах происходит в диапазоне 3000–5000 распадов в минуту/100 см <sup>2</sup> , что не детектируется имеющимися в настоящее время самыми чувствительными портальными дозиметрами.
Источник: INPO 1982 Evaluation	

полезен международный обмен информацией об авариях на атомных электростанциях. Поскольку уже многие страны требуют от своих производственных организаций отчетов о событиях, связанных с безопасностью, Агентство видит свою роль в развитии Системы оповещения об авариях (МАГАТЭ-IRS), согласованной с национальными системами, в целях сбора, хранения и распространения соответствующей информации на международной основе (см. рисунок).

В прошлом году были разработаны и обсуждены мероприятия по МАГАТЭ-IRS, и о них были информированы государства-члены. Кроме того, в качестве рабочего документа было составлено и опубликовано „Руководство по национальным системам отчетности“. В 1982 г. в Мадриде было проведено первое заседание Технического комитета по оценке аварий на атомных электростанциях, а в апреле того же года государствам-членам были разосланы официальные приглашения принять участие в МАГАТЭ-IRS.

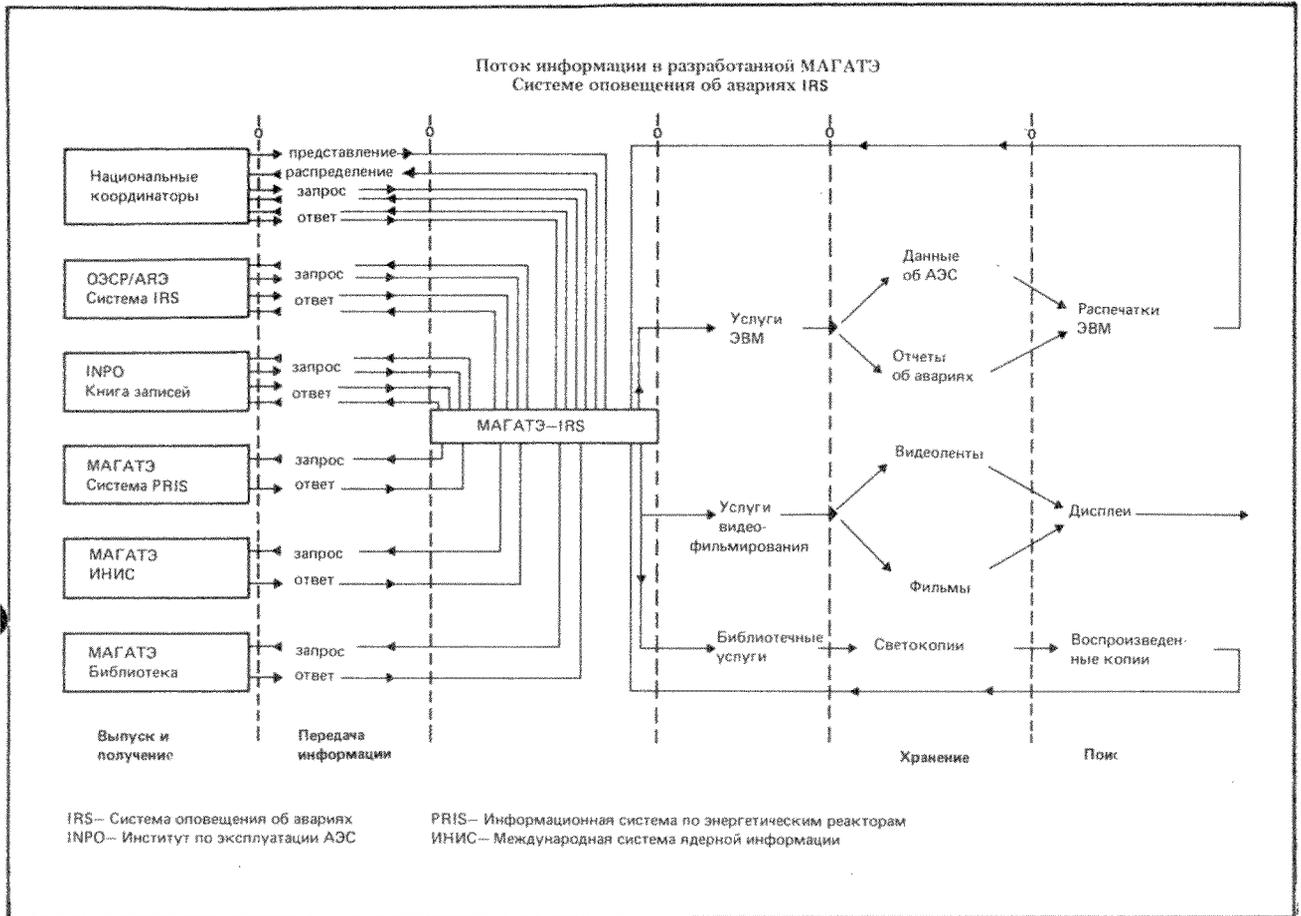
Поскольку каждый год на атомных электростанциях возникает много необычных ситуаций, существует проблема отбора тех из них, которые могут иметь большое значение для безопасности АЭС и представлять интерес для международного ядерного сообщества. Для этого Агентство установило восемь следующих категорий оповещения (по аналогии с Системой оповещения об авариях, разработанной Агентством по ядерной энергии ОЭСР):

1. Облучение или выброс радиоактивных веществ.
2. Деградация объектов, важных с точки зрения безопасности (структуры, системы, компоненты).
3. Недостатки в проекте, строительстве, эксплуатации и обеспечении качества.
4. Общие проблемы (повторяющиеся события, которые в совокупности имеют значение и для других подобных АЭС).
5. Важные меры (меры, принимаемые регламентирующим органом в связи с зафиксированными событиями).
6. События потенциального значения для безопасности (те, при которых система защиты необязательно срабатывает или не срабатывает в случае необходимости).
7. Необычные события, вызванные человеком или возникшие самопроизвольно, но прямо или косвенно угрожающие безопасной эксплуатации станции.
8. События, не имеющие значения с точки зрения безопасности, но вызывающие большой интерес у общественности.

### Система МАГАТЭ оповещения об авариях

Как показало изучение аварии в Три Майл Айленд, история работы имеющихся в мире атомных электростанций содержит богатую информацию по безопасности. Если проанализировать имевшие место аварийные ситуации в связи с окружающей станцию средой, то выявляются общие недостатки в проектировании, строительстве и эксплуатации. Агентство считает, что для всех государств-членов

Как и по другим аспектам безопасности, регулярные совещания по рассмотрению событий, представляющих интерес для мирового сообщества, также имеют большое значение. Рекомендации таких совещаний могут найти применение на многих атомных электростанциях и быть полезными для производственных и регламентирующих организаций.



Важным и трудным вопросом является идентификация тех событий, которые каждое в отдельности не имеют большого значения, но взятые вместе указывают на то, что в отношении безопасности возникла определенная проблема. Первоначально поле деятельности в этом отношении будет предоставлено тем участникам системы МАГАТЭ, которые будут идентифицировать такие события в соответствии со своими национальными системами и уведомлять Агентство для того, чтобы были информированы и другие страны. Все события, могущие быть

предвестниками серьезных аварий, должны тщательно изучаться, а соответствующая информация – передаваться государствам-членам.

Предполагается, что широкое участие в обмене информацией по необычным событиям, связанным с безопасностью, в значительной мере содействовало бы решению проблем безопасности, особенно, если такие события будут анализироваться, а получаемые выводы находить широкое распространение. МАГАТЭ-IRS может оказать существенную помощь в выполнении этой задачи.