

Применение ядерной энергии: опреснение морской воды

В результате проведенных при поддержке МАГАТЭ исследований выявлены варианты для демонстрации практического использования ядерных опреснительных систем

**Тосио
Кониси**

Во многих районах мира водных ресурсов недостаточно для удовлетворения потребностей живущих там людей. Часто естественные источники пресной воды находятся под угрозой загрязнения и повышенного засоления. В то же время спрос на чистую питьевую воду увеличивается, особенно в районах с быстрым ростом населения.

Изобилие запасов морской воды может помочь частично решить неотложные проблемы нехватки воды. Опреснение представляет собой одну из наиболее перспективных альтернатив для снабжения питьевой водой, и АЭС могли бы сыграть в этом важную роль. Мировая суммарная мощность опреснительных установок в последние десятилетия постоянно росла, и можно ожидать продолжения этой тенденции в следующем столетии. При этом растет и число стран, проявляющих интерес к использованию ядерной энергии для опреснения морской воды.

Доводы, выдвигаемые в пользу применения ядерной энергии для производства электричества, вполне применимы в отношении ее потенциального использования для опреснения морской воды. В число этих доводов входят, например, экономическая конкурентоспособность в районах, испытывающих недостаток дешевой гидроэнергии или запасов ископаемого топлива, диверсификация источников энергоснабжения, сохранение ресурсов ископаемого топлива, разработка и внедрение новых технологий и защита окружающей среды, поскольку ядерная энергия позволяет избежать выбросов в атмосферу веществ — загрязнителей воздуха и парниковых газов.

МАГАТЭ изучало возможность использования ядерной энергии для опреснения морской воды еще в 60-х и 70-х гг. Но тогда интересы были направлены в основном на ее использование для производства электричества и тепла в бытовых и промышленных целях. Однако начиная с 1989 г. вновь наблюдается интерес государств — членов Агентства к проблемам ядерного опреснения, о чем свидетельствует принятие ряда резолюций по этой

теме*. Опираясь на данные резолюции, все больше государств — членов МАГАТЭ и международных организаций принимают участие в совещаниях и оказывают соответствующую экспертную помощь и материальную поддержку. Помощь и поддержка более 20 государств-членов включала предоставление услуг экспертов и финансовых средств. В дополнение к этому МАГАТЭ провело ряд исследований по оценке технического и экономического потенциала ядерных реакторов для опреснения морской воды.

Одно из таких исследований — “Потенциал ядерного опреснения как источника дешевой питьевой воды в Северной Африке” — было завершено в 1996 г. и выпущено в виде технического документа (IAEA TECDOC-917). В нем проведен анализ потребностей в электричестве и питьевой воде в сопоставлении с наличием энергетических и водных ресурсов в пяти странах: Алжире, Египте, Ливийской Арабской Джамахирии, Марокко и Тунисе. Исследование охватывает выбор наиболее подходящих площадок, анализ различных комбинаций источников энергии и опреснительных процессов применительно к каждой площадке, экономические факторы, финансовые аспекты, использование местных возможностей, требования к инфраструктуре, а также административные и экологические аспекты. В других исследованиях того же рода, описанных в публикации МАГАТЭ (TECDOC-666), рассматриваются затраты на различные типы проектов. Эти оценки показали, что ядерное опреснение морской воды могло бы быть технически и экономически осуществимо.

Анализ мирового опыта

Последние мероприятия МАГАТЭ в этой области нацелены на оказание помощи странам в оценке экономической целесообразности исполь-

Г-н Кониси является сотрудником Секции разработки ядерных технологий Отдела ядерной энергетики и топливного цикла МАГАТЭ.

* Термин “ядерное опреснение” применяется здесь для обозначения процесса производства питьевой воды из морской в интегрированном комплексе, где ядерный реактор и опреснительная система расположены на общей площадке, соответствующие установки и службы используются совместно и энергия для опреснения поступает из ядерного реактора.



Извлечение соли из морской воды требует затрат энергии.

зования ядерных установок для опреснения. Разработаны методики, позволяющие давать экономическую оценку применительно к определенной площадке. Страны могут воспользоваться компьютерной программой для таких анализов, и уже подготовлен ряд специалистов по ее применению. Предусматривается разработка более детальной компьютерной программы для распределения расходов на установки двойного назначения и определения их оптимального соединения.

В 1995 г. в МАГАТЭ было создано совещание консультативной группы экспертов для обзора мирового опыта соединения АЭС и систем теплоснабжения, например теплоцентралей, с процессами опреснения. В 12 странах накоплено около 500 реакторо-лет опыта эксплуатации ядерных установок двойного назначения и чисто тепловых реакторов.

Ядерная энергия применяется для опреснения морской воды в Японии и Казахстане. Если в Японии опреснительные установки в основном используются для водоснабжения на месте, то опреснительный комплекс Актау в Казахстане снабжает водой близлежащий город.

Хотя большинство промышленно развитых стран для удовлетворения своих потребностей отдают предпочтение крупным АЭС, в ряде государств-членов наблюдается рост интереса к реакторам меньшей мощности (SMR). Такие установки более пригодны для менее крупных и менее мощных электросетей и лучше могли бы соответствовать темпам прогнозируемого роста спроса на энергию. Большинство стран, испытывающих нехватку питьевой воды, располагают электросетями, для которых в целях производства электроэнергии и опреснения морской воды целесообразно

выбирать реакторы меньшей мощности. В обзоре реакторов меньшей мощности МАГАТЭ, опубликованном в техническом документе TECDOC-881, приводятся данные о разработке многих различных типов реакторов SMR. Эти реакторы предлагаются для продажи в качестве возможных вариантов в целях соединения с процессами опреснения.

Определение вариантов

В соответствии с резолюциями Генеральной конференции МАГАТЭ Агентство далее сосредоточило усилия на определении вариантов ядерного опреснения и демонстрации опреснительной технологии. Цель демонстрационной программы — создать уверенность в том, что при надлежащем проектировании, строительстве, эксплуатации и содержании соответствующих установок ядерное опреснение может быть технически и экономически осуществимо с соблюдением установленных критериев безопасности и надежности*. Для ее достижения была начата двухгодичная Программа определения вариантов (ПОВ) с участием представителей заинтересованных государств-членов.

Задачей ПОВ является отбор из широкого спектра возможных систем нескольких наиболее прак-

* Вариант считался "практически осуществимым", если он удовлетворял следующим требованиям: отсутствуют технические препятствия для его реализации и имеется подходящая площадка; он технически осуществим и может быть реализован в соответствии с определенным запланированным графиком; и размер инвестиций может быть установлен в приемлемых пределах. Ядерная и опреснительная технологии имеют хорошие перспективы для будущих коммерческих применений.

тически пригодных для демонстрации вариантов опреснительных технологий и типов реакторов. Выбор варианта для демонстрации базируется на реакторных и опреснительных технологиях, которые сами по себе легко доступны и не требуют дальнейшего совершенствования во время демонстрации.

В процессе определения практических вариантов для демонстрации был проанализирован перечень существующих реакторов и выявлен ряд наиболее приемлемых из них. В качестве фильтра при отборе применялась система критериев, определенных на основе конструкции и лицензионного статуса установок. С их помощью были идентифицированы реакторные технологии, которые либо уже внедрены, либо могли бы быть реализованы за период примерно в десять следующих лет. Затем были введены дополнительные факторы отбора и в результате отсеяны несколько вариантов технологий. Среди них — различные проекты реакторов, которые не предлагаются для коммерческой реализации; реакторы с жидкометаллическим охлаждением и высокотемпературные установки с газовым охлаждением, которые, скорее всего, в ближайшее время не достигнут уровня коммерческой реализации; крупные реакторы, вряд ли пригодные для включения в электросети большинства стран, испытывающих нехватку воды; реакторы малой мощности, которые кажутся экономически менее конкурентоспособными в настоящее время (хотя они могут оказаться пригодными в местах, где спрос на воду невелик и где альтернативные системы производства питьевой воды так же дорогостоящи); и реакторы на кипящей воде, для которых, вероятно, требуется установка дополнительных систем в целях предотвращения попадания радиоактивности в системы теплосъема.

Были рассмотрены также опреснительные технологии, пригодные для соединения с ядерным реактором. Наиболее перспективными методами опреснения — благодаря относительно низким энергопотреблению и инвестиционным затратам, а также высокой степени надежности — представляются обратный осмос (ОО) и многоцелевая дистилляция (МЦД). Первоначально в качестве возможного варианта рассматривался процесс многоступенчатого сброса (МСС). Однако, поскольку при реализации процесса МЦД потребляется меньше энергии, оборудование менее подвержено коррозии и образованию окалин и он обладает большей гибкостью в отношении частичной загрузки по сравнению с МСС, последний был исключен из списка возможных вариантов из-за отсутствия у него каких-либо изначально присущих ему преимуществ по сравнению с МЦД.

Нет необходимости демонстрировать опреснительные процессы на уровне крупномасштабного коммерческого производства. Два или три состава сцепленных установок или несколько отдельных агрегатов могли бы обеспечить демонстрацию проектных и эксплуатационных характеристик,

дающих полное представление о крупных производственных комплексах, которые отличаются лишь количественно, имея больше составов или отдельных агрегатов, задействованных параллельно.

В ходе отбора при определении сочетания ядерного реактора и опреснительного процесса с целью получения интегрированной установки учитывалась их совместимость, а также рассматривались такие факторы, как время, требуемое для строительства, наличие инфраструктуры и потребности в инвестициях, играющие важную роль при выборе практически осуществимых демонстрационных вариантов.

В результате отбора для практической демонстрации ядерного опреснения были рекомендованы три варианта. Во всех этих вариантах используются хорошо зарекомендовавшие себя реакторы с водяным охлаждением и опреснительные технологии.

Вариант первый: опреснение методом ОО в комбинации с ядерным реактором, находящимся в процессе строительства или на продвинутой стадии проектирования, когда его строительство ожидается в скором времени. Предпочтителен реактор среднего диапазона мощности. Для демонстрации потребовались бы два или три состава ОО мощностью по 10 тыс. куб. м в день для каждого из них. Реактор новой постройки лучше обеспечил бы полную интеграцию систем ОО и реактора, включая нагрев поступающей воды и оптимизацию конструкции системы. Такая демонстрация могла бы быть легко экстраполирована на возможности более крупных коммерческих производственных установок.

Вариант второй: опреснение методом ОО, как и в первом варианте, в комбинации с действующим реактором. Могут потребоваться некоторые незначительные изменения конструкции на периферии используемой ядерной системы. Преимущества такого варианта включают короткий период реализации, широкий выбор мощностей реактора и наличие ядерной инфраструктуры. Предпочтение отдается реактору среднего диапазона мощности, поскольку это позволяет обеспечить создание системы, которая представляется наиболее подходящей для использования в коммерческих производственных установках.

Вариант третий: опреснение методом МЦД в комбинации с реактором малой мощности. Этот вариант мог бы использоваться для демонстрации установки ядерного опреснения мощностью до 80 тыс. куб. м ежедневно.

Был сделан вывод, что при проявлении интереса со стороны инвесторов эти варианты демонстрации могли бы быть реализованы. Требуемые инвестиции составили бы от 25 млн. до 50 млн. долл. США для методов ОО и от 200 млн. до 300 млн. долл. США — для метода МЦД, включая в последнем случае стоимость реактора.

Процесс выявления и описания возможных систем для демонстрации в рамках ПОВ требовал

10. Сколько внимания следует уделять в Бюллетене МАГАТЭ каждой из следующих тем:

	Много	Достаточно	Мало	Никакого
Программы/проекты МАГАТЭ				
Глобальные обзоры МАГАТЭ				
Региональные сотрудничество и деятельность				
Структура и администрация МАГАТЭ				
Страновая деятельность/конкретные исследования				

11. Отметьте то, что Вы хотели бы видеть в Бюллетене МАГАТЭ:

- ☐ Постоянную рубрику ведущего журналиста
- ☐ Регулярное выступление Генерального директора
- ☐ Регулярную редакционную статью редактора
- ☐ Книжное обозрение
- ☐ Представленные редакцией точки зрения различных заинтересованных групп
- ☐ Адреса электронной почты авторов статей
- ☐ Письма в редакцию
- ☐ Адрес узлов Web для получения дополнительной информации по тематике статей
- ☐ Статьи "за" и "против" или точки зрения организаций, выступающих по каким-либо конкретным темам
- ☐ Сообщения о проектах, осуществляемых не МАГАТЭ
- ☐ Очерки с изложением точки зрения — мнения экспертов, представляющих различные группы
- ☐ Углубленный анализ текущих и возникающих проблем
- ☐ Статьи, рассчитанные на не обладающую техническими знаниями аудиторию
- ☐ Сообщения технического или научного характера, написанные специалистами
- ☐ Документация о достижениях и тенденциях в области безопасности
- ☐ Документация о достижениях и тенденциях в ядерных гарантиях
- ☐ Документация о достижениях и тенденциях в области применения ядерной энергии
- ☐ Анализ правительственных политических мероприятий и их воздействия
- ☐ Новости МАГАТЭ (конференции, организации, люди)
- ☐ Новости из других учреждений ООН, касающиеся ядерных проблем

12. Имеете ли Вы регулярный доступ к электронной почте?

- ☐ Да
- ☐ Нет

13. Имеете ли Вы регулярный доступ к Интернету?

- ☐ Да
- ☐ Нет

14. В какой форме Вы предпочли бы получать Бюллетень МАГАТЭ?

- ☐ Печатной
- ☐ По Интернету
- ☐ Как в печатной форме, так и по Интернету

15. Отметьте все, что касается Вашего места работы:

- ☐ Учреждение в системе ООН
- ☐ Колледж, университет или школа
- ☐ Фирма консультантов
- ☐ Ядерная промышленность
- ☐ Правительственное министерство/ведомство
- ☐ Правительственный институт/лаборатория
- ☐ Неправительственная организация
- ☐ Межправительственная организация
- ☐ Информационное агентство/пресс-бюро
- ☐ Самостоятельно занятый
- ☐ Учащийся (студент)
- ☐ Не работающий, на пенсии
- ☐ Иное (напишите, что именно)

16. Отметьте все, что касается Вашего самого последнего места работы/занятия:

- ☐ Избранное или назначенное должностное лицо, депутат законодательного органа
- ☐ Работа в регулирующем органе
- ☐ Штат правительственного учреждения – не регулирующего органа
- ☐ Ядерная техника
- ☐ Лабораторные научные исследования/измерения
- ☐ Научные исследования и опытно-конструкторские разработки
- ☐ Энергетическая политика
- ☐ Экологическая политика
- ☐ Финансовый или экономический аналитик
- ☐ Юрист
- ☐ Маркетинг или связь с общественностью
- ☐ Медицинские профессии
- ☐ Печать/средства массовой информации
- ☐ Учащийся (студент)
- ☐ Иное (напишите, что именно)

17. Любые другие замечания и предложения:



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE
МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

WAGRAMER STRASSE 5, P.O. BOX 100, A-1400 VIENNA, AUSTRIA
TELEPHONE: (+43 1) 2600, FACSIMILE: (+43 1) 26007, TELEX: 112645 ATO, E-MAIL: Official.Mail@iaea.org, INTERNET: <http://www/iaea.org>

IN REPLY PLEASE REFER TO:
PRIERE DE RAPPELER LA REFERENCE:

DIAL DIRECTLY TO EXTENSION:
COMPOSER DIRECTEMENT LE NUMERO DE POSTE:

Июль 1999 года

ОПРОС ЧИТАТЕЛЕЙ "БЮЛЛЕТЕНЯ МАГАТЭ"

ПИСЬМО ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА МАГАТЭ

Уважаемый читатель,

С апреля 1959 года, когда начался выпуск *Бюллетеня МАГАТЭ*, он стал основным каналом связи с теми, кто интересуется предназначением Агентства и его деятельностью. В этом году МАГАТЭ проводит опрос читателей *Бюллетеня* по широкому кругу вопросов. Мы хотим узнать Ваше мнение о ежеквартальном журнале, о том, насколько он отвечает Вашим потребностям и каким образом мы можем его улучшить.

Прошу Вас заполнить прилагаемый вопросник, пока он у Вас под рукой, и прислать его нам. Вы также можете заполнить вопросник на конфиденциальном узле Web Интернета: <http://www.leaders.net/iaea> тем самым направив его нам в электронном формате.

В рамках данного опроса Агентство обновляет список рассылки *Бюллетеня МАГАТЭ*. Чтобы сохранить свое имя в списке рассылки, Вам следует заполнить, по крайней мере, первую часть вопросника и послать его МАГАТЭ.

Прошу Вас воспользоваться этой возможностью, для того чтобы оказать помощь МАГАТЭ в обновлении списка рассылки, а также для того, чтобы сообщить нам свое откровенное мнение о нашем журнале, что поможет нам улучшить его. Благодарю Вас за то, что Вы нашли время принять участие в этом важном деле, и мы с нетерпением ждем Ваших ответов.

Искренне Ваш,

Генеральный директор
Международного агентства по атомной энергии

Мохамед эль-Баради