

ПРЕСНАЯ ВОДА ИЗ МОРЯ

ПРОДОЛЖАЕТСЯ РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ЯДЕРНОГО ОПРЕСНЕНИЯ

Т. КОНИСИ И Б.М. МИСРА

Потребности в пресной воде постоянно растут. В последних по времени прогнозах, сделанных на Всемирном форуме по воде в 2000 г., особое внимание уделяется увеличению потребности в пресной воде, необходимой для обеспечения растущих городов мира, до 2025 г.

Возобновляемые запасы пресной воды оцениваются примерно в 40 тыс. куб. км. Объем забираемой воды составляет всего лишь 10%, а потребляемой – 5% от этого количества. Проблема заключается в неравномерности географического и сезонного распределения этих запасов.

Практически стало ясно, что для устойчивого развития и освоения ресурсов пресной воды необходимо использовать все имеющиеся и приемлемые технологии, в том числе ядерные и связанные с ними. Одним из возможных подходов является опреснение морской воды, и многие страны стремятся расширить свои возможности брать воду из океана (см. график на стр. 6). Энергия для таких установок обычно поставляется в виде пара или электричества. В качестве первичных источников энергии, как правило, использу-

ются обычные виды ископаемого топлива. Однако их интенсивное применение создает экологические проблемы.

Возможность широкомасштабного использования ядерной энергии для опреснения морской воды представляется весьма привлекательной, поскольку процесс опреснения требует очень высоких энергозатрат. В опреснительных системах могут использоваться тепло, выделяемое ядерным реактором, и/или электроэнергия, производимая на его энергетических установках. Успешная эксплуатация ядерной энергетической установки с натриевым охлаждением (БН-350) в Актау (Казахстан) доказала техническую целесообразность создания таких теплоэнергетических ядерных реакторов, их надежность и соответствие требованиям безопасности. В нескольких меньших масштабах были проведены работы в Японии, где около десяти опреснительных установок были подключены к ядерным реакторам с водой под давлением (PWR). Широкое коммерческое использование ядерного опреснения будет зависеть в основном от его конкурентоспособности по

отношению к альтернативным источникам энергии, а также от рыночного спроса в странах с наиболее острыми потребностями в воде и энергии.

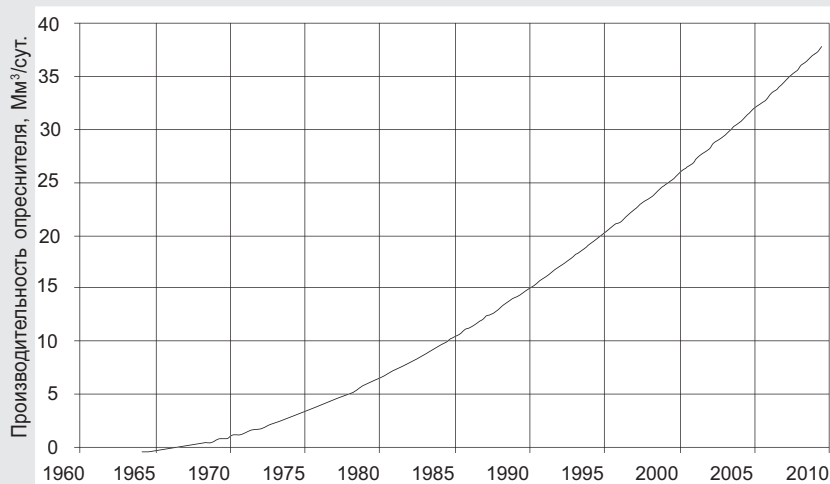
В рамках своих программ МАГАТЭ объединило усилия специалистов разных стран для изучения технических, экономических и других аспектов ядерного опреснения*. В ходе работы был подготовлен и опубликован технический документ *Options Identification Programme for Demonstration of Nuclear Desalination* (Программа выявления возможных путей для демонстрации ядерного опреснения) (TECDOC-898), а также труды Международного симпозиума по ядерному опреснению морской воды, состоявшегося в 1997 г. (Серия трудов STI/PUB/1025). Полученные результаты дали новый импульс работам, проводимым во многих государствах – членах МАГАТЭ, заинтересованных в оценке, планировании или реализации проектов ядерного опреснения.

Все ядерные реакторы могут давать энергию, необходимую для процессов опреснения, и использоваться для опреснения в зависимости от временных рамок приложения. Полезный опыт был накоплен при использовании ядерных установок в районных системах отопления. Этот вопрос был рассмотрен МАГАТЭ в одном из техниче-

**Ядерное опреснение определяется как получение питьевой воды из морской в установке, использующей ядерный реактор в качестве источника энергии (электрической и/или тепловой) для процесса опреснения. Установка может быть предназначена исключительно для производства питьевой воды или для одновременной выработки электроэнергии и производства питьевой воды; в последнем случае на производство воды затрачивается лишь часть энергии, вырабатываемой реактором. В любом случае термин "ядерный опреснитель" обозначает комплексную установку, состоящую из ядерного реактора и опреснительной системы, размещающихся на общей площадке, причем энергия для работы опреснительной системы производится непосредственно в установке. Сюда относятся также общие или в различной степени совместно используемые оборудование, персонал и сооружения.*

Г-н Кониси – сотрудник Секции развития ядерной технологии Отдела ядерной энергетики МАГАТЭ; г-н Мисра – руководитель Отдела опреснения воды Центра ядерных исследований им. Бхабхи, Индия.

ПРОГНОЗИРУЕМЫЙ РОСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК



Источники: Wangnick, 2000: оценки, сделанные на Консультационной встрече МАГАТЭ.
Примечание. Данные включают рабочую и расчетную производительность.

ских документов (TECDOC-1056). Проблемы безопасности, регулирования и охраны среды при ядерном опреснении аналогичны соответствующим проблемам для АЭС, причем должное внимание уделяется процессу сопряжения энергетической установки и опреснительной системы. По-видимому, на такие опреснительные установки могут быть распространены существующие международные стандарты и руководящие принципы безопасности.

Координируемый МАГАТЭ исследовательский проект “Оптимизация сопряжения ядерных реакторов и опреснительных систем” был начат в 1998 г. при участии исследовательских институтов 9 стран. В программу работ входят обзор конструкций реакторов, пригодных для сопряжения с опреснительными системами, оптимизация сопряжения, повышение производительности, а также использование передовых технологий опреснения.

Для многих стран оказался полезным разработанный МАГАТЭ пакет приложений “Desalination Economic Evaluation Program” (Программа экономической

оценки опреснения) (DEEP). С помощью этого пакета можно по каждому выбранному варианту получить расчетную стоимость воды и энергии, распределение затрат по статьям расходов, потребление энергии, а также объем товарной энергии. Пакет программ позволяет корректировать входные параметры, в том числе проектную мощность, характеристики энергетического цикла и затраты для моделирования конкретных энергетических установок.

Пакет DEEP служит для трех целей. Во-первых, он позволяет вычислять расчетную стоимость электроэнергии и опресненной воды как функцию количества, специфических параметров площадки, источника энергии и применяемой технологии опреснения. Во-вторых, пакет дает возможность непосредственно сравнивать большое число проектных альтернатив на основе согласованных общих предположений. В-третьих, предоставляется возможность оперативного поиска варианта, обеспечивающего минимальные затраты при заданных объемах производства опресненной воды и/или энергии в заданном районе.

Программный пакет используется для комплексной экономической оценки ядерной установки по опреснению морской воды в сравнении с установками на ископаемом топливе. Результаты анализа, опубликованные в документе МАГАТЭ TECDOC-1186, показывают, что, как правило, ядерные опреснители дают питьевую воду по цене, сопоставимой с ценой для установок на ископаемом топливе, поэтому оба варианта можно рассматривать как вполне реалистичные для многих регионов.

В новой публикации МАГАТЭ *Introduction of Nuclear Desalination: A Guidebook* (Введение в ядерное опреснение: Путеводитель) (Серия технических докладов STI/DOC/010/400) дается обзор ядерного опреснения, а также содержатся особые соображения по принятию решений и указания на то, какие шаги следует предпринимать после принятия решения в пользу ядерного опреснения.

Международное сотрудничество. Для содействия разработкам МАГАТЭ проводило сбор соответствующей информации и ее распространение на различных технических совещаниях, в которых принимали участие специалисты из государств-членов, занятые в эксплуатации, проектировании и планировании объектов ядерного опреснения или заинтересованные этой проблемой.

В дополнение к опыту Японии и Казахстана в нескольких странах предполагается демонстрация новых установок ядерного опреснения. Например, Республика Корея добилась определенных успехов в проектировании теплоэнергетической ядерной опреснительной установки на основе реактора SMART мощностью 330 МВт (тепл.). Российская Федерация начала работы по проекту ядерного опреснения на основе серии смонтированных на барже установок, известных под названием КЛТ-40С.

условий. Некоторые другие развивающиеся страны, которые предвидят обострение проблем с обеспечением водой и энергией, также проявили серьезную заинтересованность в участии в проекте.

В число стран, которые могут являться поставщиками технологий и участвуют в международном сотрудничестве, входят Республика Корея, Российская Федерация, Аргентина, Канада, Франция и Китай.

Параллельно с этой деятельностью, проводимой МАГАТЭ, в нескольких странах также планируются и оцениваются демонстрационные проекты. Цель этих проектов состоит в том, чтобы показать целесообразность использования ядерной энергии для опреснения воды в конкретных условиях.

В 1998 г. в Марокко завершились предпроектные исследования, которые проводились совместно с Китаем, для сооружения в Тан-Тане установки с использованием нагревательного реактора мощностью 10 МВт (тепл.), производящего 8 тыс. куб. м питьевой воды в сутки на основе многоступенчатого дистилляционного процесса. В 1999 г. Египет начал технико-экономический анализ для установки параллельного производства электричества и питьевой воды в Эль-Дабаа на средиземноморском побережье.

Демонстрационный проект в Индии. Центр ядерных исследований им. Бхабхи (БАРК) участвует в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах по опреснению с 70-х гг. Целью работ является пополнение водных ресурсов в местах их дефицита. Результатом стали собственные технологии многоступенчатого испарения (МИУ) и обратного осмоса (ОО).

Для того чтобы с выгодой реализовать опыт и знания в различных областях, связанных с опреснением, БАРК намерен разработать гибридную демонстрационную установку МИУ-ОО

для опреснения воды, сопряженную с РНWR мощностью 170 МВт (эл.), эксплуатируемыми на Мадрасской АЭС в Калпаккаме на юго-востоке Индии (см. вставку на стр. 7).

В демонстрационный проект ядерного опреснения (ДПЯО) входят установка МИУ производительностью 4500 куб. м в сутки и установка ОО производительностью 1800 куб. м в сутки. При совместной работе производительности этих установок достаточно для покрытия потребностей ядерной энергетической установки в технической воде и снабжения близлежащих населенных пунктов питьевой водой.

Цели демонстрационной установки состоят в следующем:

- продемонстрировать возможность собственными силами осуществить проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатацию ядерных опреснительных установок;

- определить проектные характеристики и оптимальные параметры процесса для крупномасштабной ядерной опреснительной установки;

- ознакомить с возможностями проекта заинтересованные государства – члены МАГАТЭ и привлечь их к участию.

Проект в Калпаккаме начат в 1998 г. К настоящему времени подготовлены предварительный отчет по анализу безопасности (ПОАБ) и предварительный отчет по основам проектирования. Основное оборудование находится сейчас на различных стадиях приобретения или изготовления. Строительные работы ведутся полным ходом, здания для МИУ, установок ОО и администрации близки к завершению. ПОАБ прошел утверждение, и в настоящее время идет подготовка к представлению окончательного отчета об анализе безопасности (ООАБ).

Основная часть оборудования будет доставлена на место в 2002 г., когда начнется монтаж. Пробные запуски и ввод в промышленную эксплуатацию на-

чено провести до конца 2002 г. После завершения приемочных испытаний ДПЯО будет открыт под эгидой МАГАТЭ для участия заинтересованных государств-членов с целью совместного использования соответствующей информации об эксплуатации и обслуживании ядерной опреснительной установки.

На основе опыта работ в рамках этого проекта к 2005 г. будет завершена разработка стандартных установок производительностью 10 млн. галлонов в сутки. Установки, использующие процессы МИУ и ОО, будут предлагаться для коммерческого использования в стране.

Обмен опытом. Одним из решающих, если не единственным фактором, определяющим широкомасштабное использование ядерного опреснения, является экономическая конкуренция. Опыт эксплуатации в Казахстане и Японии не может служить надежным доказательством экономической жизнеспособности этой технологии во многих развивающихся странах, проявляющих интерес к ядерному опреснению.

Необходимо доказать экономическую целесообразность системы в реальных условиях большого числа разных стран. Успешный ввод в эксплуатацию и функционирование установки в Калпаккаме, Индия, укрепит веру в техническую и экономическую осуществимость ядерного опреснения. При этом важно, что опыт эксплуатации и обслуживания установки будет доступен другим заинтересованным странам.

В 2002 г. МАГАТЭ планирует провести международный симпозиум, призванный оценить и поднять глобальный статус ядерного опреснения. По мере приобретения опыта и расширения обмена накопленной информацией разные страны смогут более полно оценить ту роль, которую эта многогранная технология может сыграть в удовлетворении растущих потребностей в электроэнергии и воде. □