



ЛУИДЖИ ДЕБАРБЕРИС  
Окончил

Политехнический университет (Турин, Италия). Защитил диссертацию (PhD) в РНЦ «Курчатовский институт» (Москва).

Начальник отдела энергетической безопасности в Институте энергии и транспорта Европейского объединенного научного центра (Петен, Нидерланды). Руководитель нескольких международных проектов по обеспечению поставок энергоресурсов в европейские страны.

Научные интересы: атомная энергетика, радиационное материаловедение, вопросы энергетической безопасности. Почетный член Венгерской инженерной академии.

E-mail: Luigi.

DEBARBERIS@ec.europa.eu

Дальнейшее развитие атомной энергетики требует инновационных подходов. Сегодня электроэнергия – основной продукт большинства атомных электростанций (АЭС). Однако более 60% энергии, вырабатываемой АЭС, теряется в виде тепла, выбрасываемого вместе с водой в реки или в атмосферу. Производство тепловой энергии на основе ядерной может стать альтернативой существующим методам использования атомной энергии. Атомные электростанции будут работать как макротеплоэлектростанции, тем самым позиционируя атомную энергетику в мировом масштабе в качестве основополагающего источника экологически чистой энергии, расширяя сферы ее применения и придавая ей большее значение в социальном плане.

#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

атомная энергетика, направления развития атомной энергетики, теплоснабжение, энергетическая безопасность.

# Инновационное использование атомной энергии

## Ядерная энергия: фундаментальный элемент в структуре энергетики

Атомная энергетика является стабильным, конкурентоспособным и практически свободным от выбросов в атмосферу углекислого газа источником энергии для потребителей и промышленности. Атомная энергетика обычно сопоставляется с производством гидроэлектроэнергии и угольной энергетикой, работающими в базовом режиме нагрузки.

Сегодня атомная энергия вносит значительный вклад в производство электроэнергии в Евросоюзе. Атомные электростанции (АЭС) обеспечивают в среднем 30%, а в базовом режиме – более 50% производства электроэнергии. В настоящее время атомная энергетика имеет решающее значение для обеспечения энергетической безопасности стран, производящих и импортирующих атомную электроэнергию. Роль атомной электроэнергетики

в Европе подчеркнута в основных положениях Стратегического плана по энергетическим технологиям, где сформулированы направления перехода к низкоуглеродной энергетике к 2050 г.

Поскольку электроэнергия является только частью всей потребляемой энергии, то вклад АЭС в общее производство энергии по сравнению с другими источниками относительно небольшой. Существующие сценарии увеличения доли АЭС предполагают либо сооружение новых АЭС, либо использование более эффективных ядерных технологий. Строительство АЭС существующих типов, главным образом на основе ядерных реакторов, охлаждаемых водой под давлением (PWR), и кипящих ядерных реакторов (BWR) связано с решением целого ряда хорошо известных проблем: выбор строительной площадки, формирование отношения общественности к АЭС, определенные риски, связанные с крупными капиталовложениями, утилизация радиоактивных отходов, создание современных систем безопасности. Острота этих проблем существенно снижается при более

эффективном использовании ядерной технологии.

Для того чтобы способствовать дальнейшему развитию атомной энергетики и увеличивать ее вклад в общую энергетику, требуется инновационный подход.

Необходимо отметить, что строительство новых АЭС в Западной Европе происходит достаточно медленно по ряду вышеуказанных причин.

Сегодня электроэнергия – основной продукт большинства атомных электростанций, и в центре внимания – достижение максимально возможного коэффициента преобразования атомной энергии в электрическую, ограниченного параметрами термического цикла.

Для обеспечения надежности и управления АЭС температура воды на выходе ядерных реакторов PWR должна превышать 300 °С, для этого требуется давление примерно 160 бар. В результате КПД составляет около 33%. В похожем положении находятся и российские водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР), где температура немного ниже.

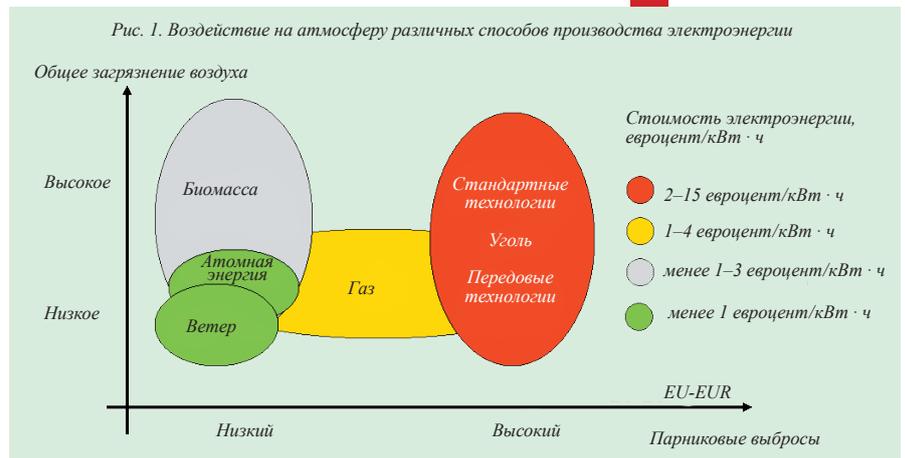
Таким образом, атомные электростанции уже достигают предела КПД. Это значит, что более 60% энергии теряется в виде тепла, выбрасываемого вместе с водой в реки или атмосферу. Необходимо совершенствование методов управления и функционирования АЭС в целях повышения их эффективности за счет использования энергии, выбрасываемой в виде тепла.

В действительности, если мы посмотрим на европейский энергетический рынок, то 1 единице расходуемой электрической энергии соответствует примерно 9 единиц энергии других видов, потраченных главным образом на отопление, транспорт, промышленные нужды, сельское хозяйство и др.

Сегодня главные энергоносители производятся из ископаемых видов топлива, что сопровождается значительным выбросом попутных газов, например CO<sub>2</sub>. Возможно, в будущем значительно увеличится доля энергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками (ВИЭ). Они были введены на рынок электроэнергии в соответствии с новыми приоритетными требованиями по снижению выбросов углерода в окружающую среду. Однако эксплуатируемые в настоящее время ВИЭ не являются конкурентоспособными, и предусмотрены специальные меры поддержки производителей. Это отчасти оправдано в отношении производства электроэнергии.

Широкое внедрение ВИЭ затруднит дальнейший рост атомной энергетики и, возможно, даже

блокирует его. Фактически в ближайшем будущем снизится значение атомных электростанций для поставок энергии, и АЭС не будут достигать даже своей нормативной загрузки. Если мы стремимся к увеличению доли атомной энергетики в глобальной энергетике, например для компенса-



ции или значительного сокращения потребления полезных ископаемых и поддержания развития ВИЭ, необходимо перейти к инновационному использованию ядерной энергии.

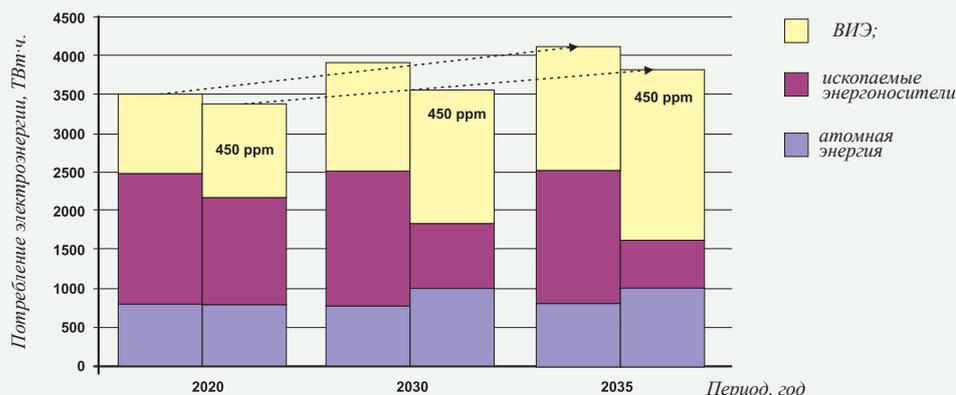
Производство тепловой энергии на основе ядерной и ограничение выпуска электроэнергии на АЭС могут стать альтернативой существующим методам использования атомной энергии. Атомные электростанции будут работать как макротеплоэлектростанции, тем самым позиционируя атомную энергетику в мировом масштабе в качестве основополагающего источника экологически чистой энергии, расширяя сферы ее применения и придавая ей большее значение в социальном плане.

В условиях ограниченных возможностей рынка электроэнергии атомная энергетика должна предложить более сбалансированный ассортимент энергоносителей, в частности для отопления жилых и промышленных сооружений. Атомные электростанции – это, прежде всего, замечательный источник тепла!

Ограничение производства электрической энергии приведет к более скромным требованиям к КПД, а также к возможности поддержания более низких температур и давления теплоносителя в целях повышения безопасности.

В действительности в настоящее время отсутствуют сценарии, предусматривающие рост общего производства электроэнергии за счет атомной энергетики. Причина заключается в том, что атомная энергетика сосредоточена на производстве только электроэнергии, причем в той сфере, где предполагается активное использование ВИЭ.

Рис. 2. Прогноз развития электроэнергетики в странах ЕС



Если в ближайшее время не будут проведены коренные изменения в использовании атомных электростанций, то можно предположить стагнацию или длительный упадок данной отрасли, что прослеживается в последние десятилетия.

По нашему мнению, существуют возможности для предотвращения стагнации и дальнейшего развития атомной энергетики. Атомная энергетика должна развиваться за счет расширения видов энергоносителей, например обеспечивать поставки тепла на мировой энергетический рынок.

Фактически, когда сегодня мы производим 100 единиц тепловой энергии из уранового сырья, мы обращаем их в 30 единиц электроэнергии и 70 единиц тепловой энергии, выбрасываемой в окружающую среду и часто приводящей к термическому загрязнению рек и водоемов.

Необходимо отметить, что, несмотря на более низкий КПД, электроэнергия от АЭС сегодня дешевле вырабатываемой из углеводородов, и мы можем предположить, что тепловая энергия, произведенная в больших масштабах за счет ядерной энергии, также будет дешевой и экологически чистой.

## Атомная энергетика и возобновляемые источники энергии

В странах ЕС использование энергии, вырабатываемой ВИЭ, уже стало реальностью. Потребление ветровой электроэнергии существенно возросло за последние годы. Существуют амбициозные планы по повышению ее доли в общем объеме производства электроэнергии к 2020 году. Проводится агрессивная политика для обеспечения приоритета энергии, вырабатываемой за счет ВИЭ.

Если использование ВИЭ станет значительным, то понятие нормативной нагрузки для производителей через некоторое время может исчезнуть. С этой точки зрения экономика основных

производителей электроэнергии должна быть пересмотрена. Остается признать тот факт, что при той протекционистской политике в отношении ВИЭ, которая проводится сегодня, остается мало возможностей для развития атомной энергетики в сфере производства электроэнергии. Различные сценарии развития энергетики до 2030–2035 годов предполагают, что ВИЭ будут обеспечивать практически 50% потребностей рынка. Особенно быстро будут развиваться наземные и морские ветряные, а также солнечные электростанции.

В результате, если 50% энергии будет поставляться за счет ВИЭ, то сфера применения других энергоисточников существенно сужается. Предполагается, что доля атомной энергии останется в лучшем случае на уровне примерно 25%. Оставшиеся 25% энергии будут получены за счет ископаемого топлива, а также за счет более гибкого слежения за нагрузкой производителей. В любом случае, даже с учетом общего роста потребления энергии в странах ЕС, нет возможности для расширения доли атомной энергетики на рынке электроэнергии. Кроме того, директивы ЕС предусматривают стимулирование развития ВИЭ к 2020 г. Предполагается ограничить развитие атомной электроэнергетики для обеспечения больших возможностей роста производства ветряной и солнечной энергии.

В действительности атомная энергетика играет ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности в странах ЕС.

Существующие АЭС необходимы сегодня и будут востребованы в последующие десятилетия. Напротив, современные действующие ВИЭ не смогут обеспечить ожидаемого роста энергоснабжения в мировом масштабе, так как они находятся на начальной стадии технического развития.

В будущем развитие интеллектуальной энергетики, так называемых умных сетей, может даже сократить потребность в централизованном генерировании электроэнергии вообще, а также привести к тому, что принцип базовой загрузки производителя окажется устаревшим.

## Инновационные изменения и условия для роста

Для дальнейшего развития атомной энергетики необходимо обеспечить ее рост на мировом рынке первичной энергии, а не ограничиваться только сегментом электроэнергетики. Это позволит провести масштабное повышение значимости

данного вида экологически чистой энергии, благодаря чему можно сохранить значительное количество ресурсов полезных ископаемых и реально ограничить глобальные выбросы в окружающую среду.

В то же время верно и другое утверждение: если не удастся сделать так, чтобы атомная энергетика была полезна для глобального энергетического рынка в полном масштабе, то потребуются хотя бы обеспечить ее большую прозрачность и значение для общества, так как без этого невозможно будет дальнейшее расширение атомной энергетики и оно будет, скорее всего, ограниченным. В результате получит приоритет сегодняшний тренд – сохранение существующей доли атомной энергии в электроэнергетике и медленное ее падение на рынке первичной энергии.

Безусловно, атомная энергия должна продолжать играть ключевую роль в обеспечении мировой энергетической безопасности. Для этого необходимо сделать ее вклад более социально значимым и предложить сбалансированный ассортимент ее энергоносителей. Например, почему бы не сократить производство электроэнергии, генерируя пар и тепло, и не использовать непосредственно тепловую энергию? Таким образом, соотношение между долями ядерной энергии в электроэнергии и в первичной энергии будет более сбалансированным. У атомной энергетики есть возможность играть значимую роль на мировом энергетическом рынке за счет разностороннего развития ее продукции. В то же время надо дать возможность и для развития ВИЭ, чтобы они могли стать более полезными для общества и окружающей среды. Снижение производства атомной электроэнергии на 10–20% дает место для развития ВИЭ.

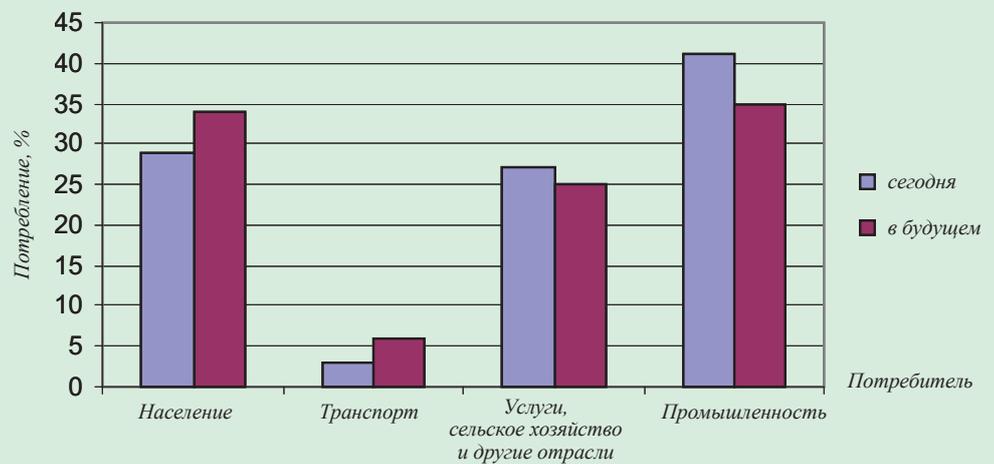
Совершенствование производства атомной энергии в пользу уменьшения выработки электроэнергии и увеличения выработки тепловой энергии, технического пара, позволит изменить вектор развития атомной энергетики в сторону сбалансированного роста.

Атомные теплоэлектростанции с маневренным графиком загрузки также могут обеспечить аккумуляцию тепла, что технически гораздо легче, чем аккумуляцию электроэнергии (при этом возможно интегрирование АЭС с солнечными установками).

Таким образом, атомная энергетика будет

играть большую роль в общем энергообеспечении общества, работая как в сегменте теплоснабжения, так и в других, например поставляя на предприятия, кроме тепла, технологический пар и сжатый воздух. Следует отметить, что примерно 30% мирового производства электрической энергии каким-либо образом переводится в сжатый воздух для нужд промышленности. Атомная энергия может также использоваться там, куда невозможно транспортировать электроэнергию, – на флоте и в авиации.

Рис. 3. Структура потребления электроэнергии



Последние достижения в развитии аккумуляции тепла открывают новые возможности для атомной энергии. При этом, конечно, нужны некоторые не слишком сложные доработки действующих АЭС, чтобы обеспечить отвод вторичного пара от турбин на обогрев промышленных предприятий и населенных пунктов. Массовое производство биотоплива также потребует много тепла, которое могут поставить атомные электростанции.

Новые идеи должны быть предложены и для новых проектов АЭС. Одна из таких идей – сокращение размера или количества турбин, что обеспечивает упрощение конструкции и снижение капитальных вложений.

Дальнейшее развитие атомной энергетики не должно ограничиваться выработкой электроэнергии. Применение ядерной энергии в других сферах, таких, как теплоснабжение промышленности и населения, требует инновационных подходов и новых идей.

Инновации в атомной энергетике будут содействовать росту ее конкурентоспособности в целях получения соответствующего места на мировом рынке первичной энергии, а не только поддержанию значимой роли в сегменте производства электроэнергии.