



# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АТОМНАЯ И АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – ТРИ СОСТАВЛЯЮЩИЕ БУДУЩЕЙ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Так случилось, что по воле судьбы, после продолжительной работы в сфере энергосбережения сегодня моя деятельность связана с атомной энергетикой. И меня не покидает мысль, а есть ли связь энергосбережения и атомной энергетики?

## Мировая атомная энергетика сегодня

- Количество реакторов – 441.
- Установленная мощность – 375 ГВт.
- Доля в производстве мировой электроэнергии – 14%.
- 50% реакторов со сроком эксплуатации менее 25 лет.
- Опыт эксплуатации – 12 000 реакторов-лет.
- АЭС имеют 30 стран.
- Ведется сооружение 63 реакторов в 15 странах, из них: Китай – 26, Россия – 10, Индия – 6, Корея – 5, Аргентина, Бразилия, Болгария, Финляндия, Япония, Пакистан, Украина, Словакия и США – по 1–2 реактора.

По этому поводу я просмотрел много материалов в научной литературе, в прессе, в самых разных изданиях. Очевидно, что оппоненты развития атомной энергетики, пытаясь защитить свою позицию, видят суть решения энергетической проблемы только в энергосбережении или в развитии альтернативной энергетики, исключая значение атомной энергетики. Мне же импонирует другая точка зрения, например, высказывание бывшего министра окружающей среды Франции Брюс Лелонди [1]:

«Можем ли мы сжигать нефть или каменный уголь таким способом, при котором в атмосферу не поступал бы углекислый газ? Для уменьшения общего объема выбросов у нас нет иной возможности, кроме как использовать при производстве энергии альтернативные технологии, например атомную или солнечную энергетику, но прежде всего мы должны беречь саму энергию, расходуя ее более эффективно».

Или мнение другого французского ученого, профессора Бруно Комби – основателя и президента международного движения «Защитники окружающей среды за атомную энергетику» [2]:

«Можно возлагать большие надежды на энергосбережение, на развитие альтернативной энергетики – солнечной и ветровой, но все это не удовлетворит растущих потребностей мира».

В подтверждение своей позиции он рассказывает о своем доме в пригороде Парижа. Он – прекрасный пример использования простых, но эффективных методов энергосбережения. Особняк площадью 400 кв. метров потребляет в 20 раз меньше электроэнергии, чем обычные дома. Достичь этого помогают не только теплоизоляция и окна с тройным остеклением, но и продвинутые системы теплообмена. Например, водоснабжение устроено таким образом, что горячая вода из душа, преж-

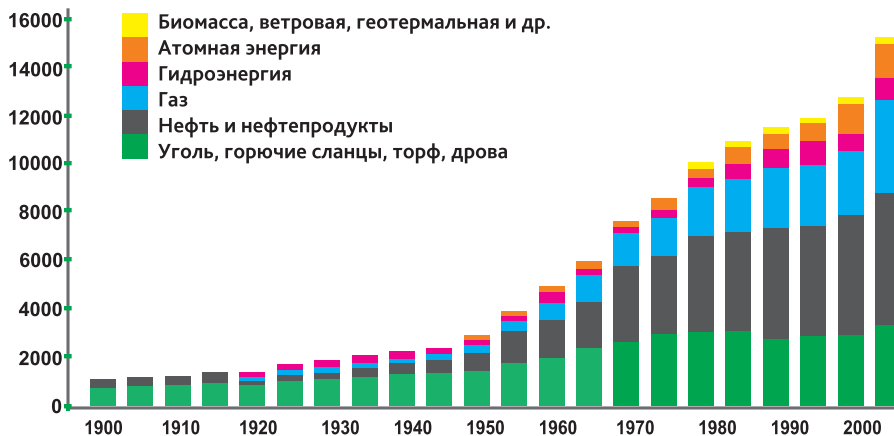


Рис. 1. Динамика структуры энергопотребления в мире в XX веке, млн т. Источник: Энергетика России. Проблемы и перспективы. – М.: Наука, 2006

Глобальный энергетический кризис будет нарастать и углубляться, а ископаемое топливо — непрерывно дорожать, что расширит экономические возможности использования атомной энергетики, альтернативных, возобновляемых источников энергии и увеличит их долю в структуре энергопотребления

де чем попасть в канализацию, сначала отдает часть тепла водяному накопителю. Принцип вторичного использования применяется и в вентиляции помещений. Воздух попадает в дом по закопанной на двухметровую глубину змейке трубы. Так как температура грунта относительно стабильна, то зимой воздух подогревается, а летом, наоборот, охлаждается. Когда на улице мороз, в доме и без обогревательных приборов долгое время сохраняется комфортная температура. В жару система вентиляции, наоборот, превращается в кондиционер, способный остужать воздух до 18 градусов. В то же время, «есть моменты, когда без дополнительных источников не обойтись», — отмечает Бруно Комби. — И поэтому счастлив, понимая, что всегда есть возможность подключиться к розетке, которую питает атомная станция» [3].

По мнению профессора-эколога, в современной энергетике схожая ситуация. На первый взгляд, позиция для эколога неожиданная, но Комби считает, что необходимо ломать массовые стереотипы и страхи.

«Да, вполне возможно сократить потребление энергии в два раза при сохранении тех же потребностей. Но это только часть решения проблемы. Эпоха углеводородов подходит к концу. Еще 20–30 лет, и мы уже не сможем качать столько нефти и добывать столько угля, чтобы обеспечить себе комфортную жизнь. Поэтому человечество должно сей-

час создавать свое будущее, основанное на применении энергии атома. Без нее цивилизацию ждет коллапс», — уверен Бруно Комби.

Он приводит пример: 1 грамм урана производит такое же количество энергии, сколько тонна нефти. Вред, который может нанести природе АЭС, в миллионы раз меньше, чем ТЭЦ, работающая на углеводородном сырье. Доля загрязнений от атомной энергетики составляет тысячные доли всех радиоактивных отходов. Сегодня развитие науки и техники позволяет использовать в качестве свежего топлива уже отработанное ядерное топливо после малозатратной технологической обработки.

Конечно, вопрос строительства АЭС неоднозначный — во многих странах ведется бурная дискуссия о выборе путей развития энергетики. Это связано, прежде всего, с растущими ценами на углеводородное сырье и приближающейся угрозой топливного голода. В этой связи повысился интерес во всем мире к использованию различных источников, а точнее сказать, желание их диверсифицировать, как в случае с Беларусью. Решая энергетическую проблему, многие страны вынуждены с новых позиций обратить внимание на атомную энергетику, энергию вторичных ресурсов, возобновляемую энергию (солнечных лучей, ветра, текущей воды, тепла земных недр). В этой ситуации строительство Белорусской АЭС не только укрепит, но и усилит энергетическую безопасность. К слову, ввод АЭС позволит заместить в топливном балансе Беларуси около 5 млрд куб. метров природного газа, хотя лишь на треть диверсифицирует производство электроэнергии.

Рассмотрим экономическую сторону этого вопроса. Известно, что инвестиции в атомную энергетику подобно инвестициям в другие области производства электроэнергии оправданы, если выполняются два условия:

стоимость киловатт-часа не больше, чем при самом дешевом альтернативном способе производства;

ожидаемая потребность в электроэнергии достаточно высокая, чтобы произведенная энергия могла продаваться по цене, превышающей ее себестоимость. ▶

Рис. 2. Структура потребления ПЭР в мире, 2011 год. Источник: BP Statistical Review of World Energy, 2011



**Рис. 3. Структура потребления ПЭР в мире, 2050 год.**  
Источник: Shell Energy Scenarios to 2050



Скачок цен на энергоносители в начале 1970-х, быстрый рост потребности в электроэнергии – все это способствовало утверждению взгляда на энергосбережение и атомную энергетику как на реальные альтернативные источники в обозримом будущем. Что касается стоимости строительства АЭС, то многие эксперты были убеждены, что она будет стабильной или даже начнет снижаться. Однако в начале 1980-х этот прогноз не оправдался: рост спроса на электроэнергию прекратился, цены на природные топливные ресурсы не только не росли, но даже начали снижаться, а тут еще и авария на Чернобыльской АЭС. В результате атомная энергетика повсюду вступила в полосу серьезных экономических трудностей. Причем наиболее серьезными они были в США – стране, где атомная отрасль развивалась наиболее интенсивно. Если провести экономический анализ, то становится понятным, почему это произошло.

Затраты на обычную энергетику складываются из прямых и косвенных капиталовложений. На топливную составляющую тепловых электростанций за срок их службы приходится 50–60% всех затрат, а в случае с АЭС доминируют капиталовложения, составляя до 70% всех затрат. Затраты на более современные ядерные реакторы, усиленные новыми конструктивными решениями по повышению их безопасности, стали превышать расходы на органическое топливо. Тем самым экономические преимущества АЭС свелись на нет.

В начале XXI века экономическая ситуация кардинально изменилась в пользу атомной энергетики, правда, свою негативную роль здесь сыграли фукусимские события в Японии. Атомная энергетика сейчас дает самое дешевое электричество из-за низкой топливной составляющей (около 20%) – себестоимость производства электроэнергии на АЭС по сравнению с тепловыми электростанциями в 1,5–2 раза дешевле.

Чтобы представить общую картину развития

современной мировой энергетики, в том числе атомной энергетики, я хотел бы сослаться на данные, приведенные в ходе состоявшегося в июле 2012 года во Франции семинара на базе национального института ядерной науки и технологии.

В развитии энергетики для стран, решающих задачу ухода от использования органического топлива, опыт Франции показателен. Благодаря произведенной за последние пятьдесят лет радикальной модернизации энергетической сферы, во Франции достигнута следующая структура генерации:

- ядерная энергетика – 75 %;
- тепловая энергетика – 11%;
- гидроэнергетика – 11%;
- энергия солнца и ветра – 3%.

Франция, ранее использующая в качестве основного энергоносителя уголь, перешла на нефть и газ, затем – на ядерное топливо и далее с параллельным развитием возобновляемых источников энергии кардинально изменила структуру топливного баланса.

Благодаря этим переменам, Франция сейчас генерирует 542 млрд кВт·ч электроэнергии ежегодно, при этом производя больше, чем потребляет, экспортируя 18% электроэнергии в соседние страны: Великобританию, Германию, Италию и Швейцарию. По объему электроэнергии, производимой атомными электростанциями, Франция занимает второе место в мире после США. В стране насчитывается 19 атомных электростанций с 58 блоками (реакторами) производительностью 406 млрд кВт·ч в год.

Атомная энергетика сейчас дает самое дешевое электричество из-за низкой топливной составляющей (около 20%) – себестоимость производства электроэнергии на АЭС по сравнению с тепловыми электростанциями в 1,5–2 раза дешевле.

Конечно, энергетическую ситуацию во Францию можно рассматривать как некий предельный случай смещения акцента в сторону атомной энергетики. К слову, близкие к Франции показатели имеют Бельгия – 56%, Швеция – 49%, Украина – около 45%. В то же время новый президент Франции Франсуа Олланд в своей предвыборной программе провозгласил политику ухода от доминирования атомной энергетики и перехода к альтернативной энергетике, основанной на использовании возобновляемых источников энергии.

Анализируя общие мировые энергетические тенденции, можно отметить, что:

- Экономические проблемы в мире отвлекли внимание от энергетической политики.
- Фукусимские события подняли вопрос о корректировке инвестиционных планов по реализации ядерно-энергетических программ.
- Выбросы CO<sub>2</sub> подскочили до рекордного уровня.
- Энергоэффективность мировой экономики ухудшается последние 2 года подряд.
- Расходы на импорт нефти находятся вблизи рекордной отметки.
- Спрос на первичные энергоресурсы к 2035 году возрастет на 4200 млн т н.э. по отношению к 2010 году. Необходимо обеспечить ежегодный прирост мощностей 0,9% при росте населения с 6,7 млрд в 2008 году до 8,5 млрд в 2035 году.

Безусловно, на интенсивность развития атомной энергетики оказали влияние фукусимские события. Некоторыми странами были приняты быстрые политические решения. Германия немедленно закрывает 8 реакторов (самые старые) и планирует ускоренный вывод из эксплуатации АЭС к 2022 году. Швейцария – проекты замены АЭС остановлены; поэтапный отказ к 2034 году. Италия – на референдуме 94% голосов поданы против планов развития ядерной энергетики. Вместе с тем большинство стран подтвердило свои ядерно-энергетические планы, в том числе: Китай, Индия, Индонезия, Корея, Вьетнам, Беларусь, Болгария, Чехия, Финляндия, Франция, Литва, Нидерланды, Польша, Россия, Словакия, Великобритания, Бразилия, Канада, США, Южная Африка, Турция, ОАЭ.

**Рис. 4. Прогноз структуры энергопотребления в мире.**  
Источник: Энергетика России. Проблемы и перспективы. - М.: Наука, 2006

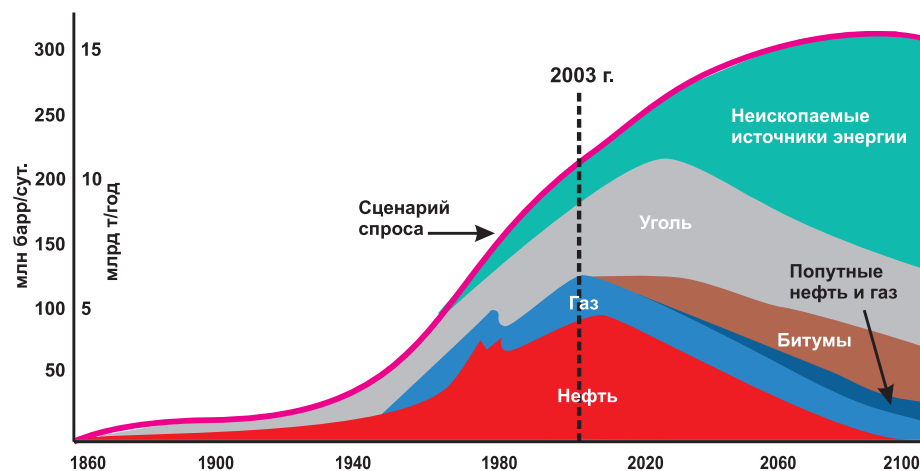


Таблица 1. Основные направления развития энергоэффективных технологий

| Направления                     | Технологии  |
|---------------------------------|---|
| Моторизация                     | Энергоэффективные транспортные средства.<br>Новые материалы (композиты).<br>Гибриды, электротранспорт.<br>Транспорт на водородных топливных элементах.<br>Газификация транспорта.<br>Биотопливо второго и третьего поколения.   |
| Электрификация                  | Распределенная газовая генерация (микро-ТЭЦ).<br>Атомные электростанции (4-е поколение, малые модельные АЭС).<br>Ветровые электростанции (масштабирование и удешевление).<br>Угольные установки с сверхкритическими параметрами пара.<br>Парогазовые электростанции с газификацией угля и биомассы.<br>Преобразователи солнечной энергии в электрическую.<br>Концентраторы солнечной энергии.<br>Улавливание и захоронение CO <sub>2</sub> на тепловых электростанциях.<br>Децентрализация генерации.<br>Интеллектуальные энергосистемы.<br>Сверхпроводимость.<br>Системы аккумулирования электроэнергии. |
| Индустриализация                | Улавливание и захоронение CO <sub>2</sub><br>Производство водорода и синтетического топлива.  |
| Урбанизация                     | «ActiveHouse» и «PassiveHouse», ресурс- и энергоэффективные города.<br>Тепловые насосы.<br>Солнечное отопление.   |
| Добыча ископаемых видов топлива | Нетрадиционные технологии добычи нефти и газа.<br>Технологии глубоководной добычи.<br>Удешевление технологий транспортировки газа.  |

Сегодня основу мировой энергетики составляют ископаемые виды топлива (нефть, уголь и газ), при этом продолжается рост использования газового топлива (рис. 1).

На долю нефти в мировом потреблении первичных энергетических ресурсов (ПЭР) приходится 34%, угля – 30%, газа – 24%, гидроэнергии – 6%, атомной энергии – 5%, возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – 1% (рис. 2).

По мнению большинства специалистов, в начале XXI в. началась постепенная глубокая трансформация мировой энергетики в связи с тем, что на сегодняшний день лучшие месторождения ископаемого топлива – основы современной энергетики – уже исчерпаны или серьезно истощены. В результате значительно возросла стоимость ископаемого топлива.

Глобальный энергетический кризис будет нарастать и углубляться, а ископаемое топливо – непрерывно дорожать, что расширит экономические возможности использования атомной энергетики, альтернативных, возобновляемых источников энергии и увеличит их долю в структуре энергопотребления – таковы выводы делают эксперты и аналитики, прогнозируя будущее мировой энергетики [4]. Безусловно, в этом прогнозе учитываются многие факторы, среди которых – взаимное влияние энергетики, экономики и экологии, но самое главное – появляется дополнительная мотивация заниматься энергосбережением.

На рис. 3 приведен один из вариантов прогноза структуры потребления ПЭР в мире, подготовленный компанией Exxon Mobil Corporation в 2008 году. Как видно из рисунка, к 2050 году прогнозируется сокращение использования нефти до 20% от суммарного потребления ПЭР в

мире. Также предполагается сокращение потребления угля и газа. Наиболее динамично будут развиваться такие возобновляемые источники энергии как солнечная, ветровая энергия и энергия биомассы.

На рис. 4 представлены результаты прогноза, проведенного для Межгосударственной группы экспертов по изменению климата ООН. В этом сценарии развития мировой энергетики предполагается, что радикально изменится структура первичных источников энергии: за счет ядерной энергии и ее возобновляемых источников еще больше сократится доля нефти и других ископаемых видов топлива. Более того, к концу XXI века они могут обеспечивать более половины потребления ПЭР в мире.

Кардинальные изменения произойдут и в сфере энергопотребления. Темпы его роста будут продолжать снижаться, а к концу века прогнозируется сокращение абсолютных объемов мирового энергопотребления. Можно diskutieren с авторами этого прогноза о периодах достижения пиков и скорости спада в использовании нефти, газа и угля, однако это не может изменить главного вывода о переходе на принципиально новую структуру энергетического баланса мировой энергетики. В результате обозначенных перемен появится возможность преодолеть нарастающий глобальный экологический кризис, причиной которого является загрязнение атмосферы стационарными (предприятия) и индивидуальными (транспорт) энергоустановками [4,5].

Чтобы обеспечить переход к обозначенному выше изменению в структуре источников мировой энергетики, необходимы новые энергоэффективные технологии.

Можно предположить, что процесс перехода к этим технологиям будет происходить в два этапа: **этап разработки и внедрения** – в течение примерно 30 лет будет происходить внедрение энергоэффективных технологий, начиная с опытно-промышленных масштабов (собственно этот процесс в республике уже происходит, благодаря деятельности Департамента по энергоэффективности); **этап развития** – будет происходить более последовательное и масштабное внедрение технологий, что определит их окончательную нишу в структуре энергетики.

В таблице 1 представлены основные направления развития энергоэффективных технологий, наиболее актуальные к середине XXI века и предложенные в материалах [4].

Во второй половине XXI века, наряду с обозначенными выше технологиями, следует ожидать, что появятся и такие новые прорывные инновации, о которых мы сегодня не догадываемся (по аналогии с информационными технологиями).

В заключение я хотел бы привести слова, высказанные Нобелевским лауреатом, академиком Жоресом Ивановичем Алферовым в докладе на Международной научной конференции «Россия – Беларусь – Сколково: единое инновационное пространство», проходившей 19 сентября 2012 г. в Минске:

*«К концу нынешнего столетия, безусловно, энергетическая проблема человечества будет решена на основе использования солнечной энергии. А ядерная энергетика останется в воспоминаниях, она позволяла и позволяет сегодня решать целый ряд задач. Но будущее за солнечной энергетикой. И решение этих основных проблем связано с довольно старым уже способом преобразования на основе полупроводниковых солнечных батареек. То, что стало основным источником энергии в космосе, станет таковым и на Земле».*

## Литература

1. Лелонди, Б. Plan National pour l'Environnement / Б. Лелонди // Supplement a l'Environnement Actualite. – 1990. – № 122.
2. Комби, Бруно. Атомная энергия более чистая, чем вы думаете // Государственная корпорация «Росатом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.rosatom.ru/resources/3efad100444f5f6a8553b765d4d5340b/Chapter\\_Bruno\\_Comby.pdf](http://www.rosatom.ru/resources/3efad100444f5f6a8553b765d4d5340b/Chapter_Bruno_Comby.pdf) – Дата доступа : 14.10.2012.
3. Горшков, М. Мир устоит на трех китах – энергосбережении, атомной и альтернативной энергетике // Комсомольская правда – Пермь. – 2011 – № 166. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://kuban.kp.ru/daily/25807/2787278/> – Дата доступа 14.10.2012.
4. Энергетическая революция. XXI век. Перегрузка // Мировая политика и ресурсы World Policy and Resources Research (www.wprg.ru) – аналитические материалы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.wprg.ru/?p=2891> – Дата доступа 14.10.2012.
5. World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability. – IASA, 2002. ■