

*В.П. Афанасьев,  
Е.И. Теруков,  
А.А. Шерченков*



**ПЕРСПЕКТИВЫ СОЛНЕЧНОЙ  
ЭНЕРГЕТИКИ**

**Х**арактерной особенностью технической деятельности человечества во второй половине XX–начале XXI века был быстрый рост энергопотребления. По оценкам, потребности человечества в энергии по сравнению с существующим уровнем потребления (~13 ТВт) к середине XXI века более чем удвоятся (~3 ТВт), а к концу XXI века – более чем утроится (~46 ТВт). Это связано, во-первых, с ростом мировой экономики в целом (до четырех раз к 2050 году) и резким экономическим ростом развивающихся стран, таких как Китай и Индия, население которых составляет 2/3 численности населения планеты. Во-вторых, с заметным ростом населения планеты. К 2050 году численность населения Земли достигнет 10–11 млрд человек.

Увеличение производства энергии до сих пор происходило в основном за счёт использования ископаемых источников энергии – нефти, природного газа, угля, ядерного топлива. Однако удовлетворить дальнейший рост энергопотребления только за счёт использования ископаемых источников невозможно.

В то же время происходит истощаемость традиционных источников энергии. Геофизик Кинг Хуберт одним из первых построил модель истощения мировых запасов нефти и на ее основе предсказал пик добычи нефти в США (примерно на 1970 год). Предсказал он и пик мировой добычи нефти (примерно на 1995 год), однако этот прогноз не сбывся. Тем не менее

большинство экспертов уверены, что это лишь вопрос времени, и увеличение глобальных потребностей в энергии исчерпает традиционные энергетические ресурсы к середине этого столетия. Технический прогресс, освоение новых труднодоступных месторождений (глубоководных и полярных месторождений, битумных песков) только отодвигают истощение ресурсов. При этом надо понимать, что даже если запасы традиционных энергетических ресурсов не будут полностью истощены, будет наблюдаться их острый дефицит и резкий рост цен.

Проблему нельзя решить также и за счёт атомной энергетики, так как запасы урана ограничены.

Следующая проблема связана с экологическим и тепловым загрязнением Земли, что может привести к необратимому изменению климата.

Происходит загрязнение атмосферы в результате сжигания топлива, океана и суши – нефтью, радиоактивными элементами в результате аварий, имеющих катастрофические глобальные последствия. Последний пример – авария на нефтедобывающей платформе в Мексиканском заливе в 2010 году. Уголь, залежи которого довольно велики, как энергоноситель не удовлетворяет современным экологическим требованиям. Активно разрабатываются «чистые» способы его использования, однако это ведёт к удорожанию стоимости получаемой энергии. Также существует серьёзная проблема утилиза-

ции радиоактивных отходов.

Тепловое загрязнение Земли происходит при сжигании любого вида топлива: увеличивается концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере, что способствует возникновению «парникового эффекта». При увеличении роста производства энергии за счёт сжигания топлива, включая ядерную энергетику, безопасный предел повышения температуры на Земле может быть достигнут уже в XXI веке.

Наконец, существует серьёзная проблема – это энергобезопасность, которая побуждает к диверсифицированию используемых источников энергии.

Необходимость борьбы с этими проблемами потребует от многих стран, прежде всего от индустриально развитых, значительных затрат и радикального снижения уровня использования углеводородного сырья. В результате, по оценкам, эти причины не позволят удовлетворять растущие потребности мировой энергетики за счёт ископаемых источников энергии уже через 10–15 лет.

Таким образом, в начале XXI века мировая энергетика столкнулась с необходимостью резкого изменения структуры источников потребляемой энергии.

По образному определению главного экономиста Международного энергетического агентства Фатиха Бироля при сохранении нынешних темпов роста энергопотребления к 2030 году нужно будет либо найти «шесть новых Саудовских Аравий», либо сделать ставку на другие источники энергии.

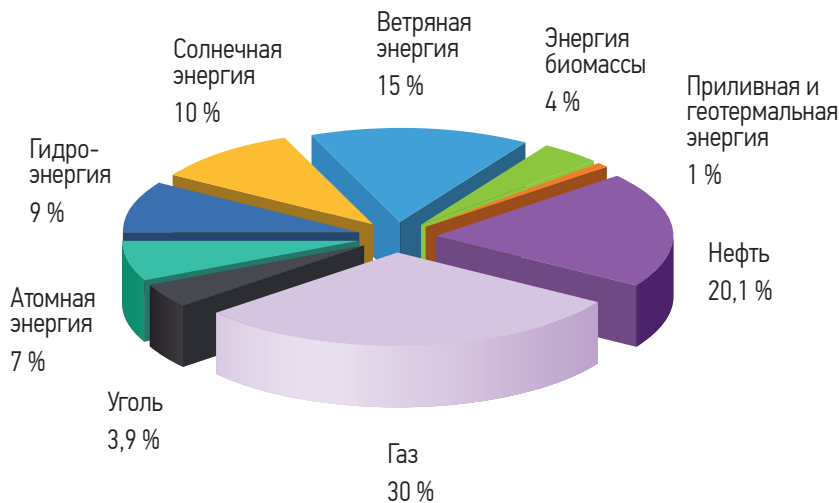


Рис. 1. Суммарная доля источников энергии в общем объеме потребляемой энергии

Большинство аналитических исследований академических учёных и учёных компаний ТЭК предполагает значительное (до 30%) увеличение доли нетрадиционных возобновляемых источников в течение следующих 20–30 лет.

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии.

По классификации ООН (1978), к нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии относятся следующие:

1. Торф.
2. Энергия биомассы, которую получают из различных отходов: сельскохозяйственных, лесного комплекса, коммунально-бытовых и промышленных.
3. Энергетические плантации: сельскохозяйственные культуры, древесно-кустарниковая и травянистая растительность.

4. Энергия ветра.
5. Энергия солнца.
6. Энергия водных потоков на суше, используемая на мини- и микро-ГЭС – гидроэлектростанциях мощностью менее 1 МВт.
7. Средне- и высокопотенциальная геотермальная энергия (гидротермальные и парогидротермальные источники).
8. Энергия морей и океанов – приливы и отливы, течения, волны, температурный градиент, градиент солёности.
9. Низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха и воды, промышленных и бытовых стоков.

Развитые страны на протяжении многих лет ежегодно вкладывают в развитие альтернативных источников энергии миллиарды долларов. Существуют государственные программы поддержки развития возобновляемых источников энергии. Однако в настоящее время возобновляемые (альтернативные) источники энергии пока не могут конкурировать с традиционными.

Суммарная их доля в общем объеме потребляемой энергии составляет 8–10%, но к 2020 году она существенно возрастёт (рис. 1).

Основная причина неконкурентоспособности – экономическая – дороговизна вырабатываемой энергии [1]. Кроме того, все возобновляемые источники энергии имеют ограничения, связанные, например, с расположением объекта, наличием определенных климатических условий, характеризуются либо ограниченным потенциалом, либо значительными трудностями широкого использования.

Одним из самых привлекательных и перспективных возобновляемых источников энергии всегда считалась фотовольтаика, т.е. прямое преобразование солнечной энергии в электрическую. Солнце может обеспечить растущие потребности в энергии в течение многих сотен лет. Общее количество солнечной энергии, поступающей на Землю в течение часа, превышает количество потребляемой человечеством энергии в течение года.

За последние 20–30 лет темпы роста солнечной энергетики составляли в среднем примерно 25%. Согласно прогнозам, в XXI веке развитие солнечной энергетики будет оставаться основным среди всех альтернативных источников. По оценкам, к 2050 году солнечная энергия может обеспечить 20–25% мирового производства энергии, а к концу XXI века солнечная энергетика должна стать доминирующим источником энергии с долей, достигающей 60%.

Несмотря на значительные темпы роста и впечатляющие оценки перспектив солнечной энергетики, объем вырабатываемой в настоящее время фотовольтаикой электроэнергии мал по сравнению с другими возобновляемыми источниками энергии. Основным барьером, препятствующим широкому внедрению солнечных элементов, является высокая стоимость вырабатываемой ими электроэнергии. На сегодняшний день это самый дорогой вид электроэнергии, практически полностью дотируемый государствами.

Цена на электроэнергию, вырабатываемую фотовольтаикой, составляет от 20 до 65 евроцентов/кВт·ч. Цена на электроэнергию, вырабатываемую традиционными источниками энергии, составляет в настоящее время от 2 до 3,5 евроцента/кВт·ч и, по прогнозам, к 2020 году возрастёт до 5–6 евроцентов/кВт·ч.

Таким образом, для того, чтобы фотовольтаика могла конкурировать с ископаемыми источниками энергии, цена на вырабатываемую ею электроэнергию должна быть снижена примерно в 5–10 раз. Для этого необходимо разработать эффективные, дешёвые технологии и конструкции фотоэлектрических преобразователей. Перспективным направлением снижения стоимости вырабатываемой фотовольтаикой электроэнергии является разработка технологии тонкоплёночных солнечных элементов (СЭ) на основе аморфного гидрогенизированного и микрокристаллического кремния.

Цена производимой электроэнергии определяется прежде всего стоимостью материала, из которого изготовлен СЭ, и затратами технологического процесса производства СЭ. Основным материалом для изготовления в настоящее время является кристаллический кремний, так как он считается основным материалом всей твердотельной электроники, и его производство отлажено.

Основной недостаток СЭ на основе кристаллического кремния – их высокая стоимость, так как 50% общей стоимости данных элементов составляет стоимость кремниевой подложки. При изготовлении СЭ данного вида используется высококачественное сырьё, производство которого в настоящее время является очень энергозатратным. Велики общие потери кремния в результате его обработки и резки. В связи с тем, что монокристаллический и поликристаллический кремний непрямозонные полупроводники и их коэффициент поглощения невысок, для эффективного поглощения солнечного света толщина изготавливаемых из них фотоэлектрических преобразователей должна составлять сотни микрон. Это приводит к значительным расходам кремния и высокой стоимости солнечных элементов.

Таким образом, перспективным представляется создание тонкоплёночных солнечных элементов на основе аморфного гидрогенизированного и микрокристаллического кремния вместо дорогостоящего кристаллического кремния. Тонкоплё-

ночная технология имеет большие потенциальные возможности для снижения стоимости солнечных модулей. Темпы снижения стоимости производства тонкоплёночных солнечных модулей значительно выше, чем модулей на основе кристаллического кремния.

Кроме того, тонкоплёночная технология имеет ряд специфических применений, невозможных или затруднённых при использовании кристаллических полупроводников (гибкие модули, полупрозрачные модули и т.д.). Одним из достоинств тонкоплёночной технологии является получение слоёв аморфного гидрогенизированного и микрокристаллического кремния при низкой температуре. Это даёт возможность создавать полупроводниковые структуры на гибких подложках. СЭ на гибкой основе имеют малый вес, монтируются на любой поверхности и могут использоваться для изготовления сумок, чехлов, встраиваться в одежду и т.д. Полупрозрачные модули различного цвета находят применение, например, для украшения зданий. Наконец, существенным достоинством тонкоплёночной технологии является возможность создания приборных структур на очень больших площадях.

По прогнозам, производство тонкоплёночных фотоэлектрических преобразователей уже после 2010 года значительно возрастёт.

**Источник:**

<https://www.startbase.ru>