

# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. ЧТО НОВОГО<sup>1</sup>

Доктор технических наук С.В. ЛЕВИНЗОН  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал)

## Часть II Возобновляемые источники энергии

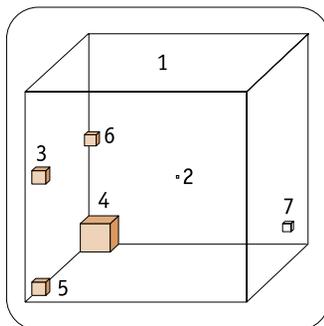
Возможно утверждение, что без альтернативных источников энергии у человечества нет будущего, является слишком категоричным, но это только лишний раз подчёркивает необходимость их поиска, исследования и внедрения в повседневную жизнь. В конечном итоге результативность энергосберегающих технологий определяет их жизненность. Можно отметить следующие особенности энергосберегающих процессов, проявляющихся в виде:

- экономических эффектов у потребителей (снижение стоимости приобретаемых энергоресурсов);
- эффектов повышения конкурентоспособности (снижение потребления энергоресурсов на единицу производимой продукции, энергоэффективность производимой продукции при её использовании);
- эффектов для электрической, тепловой, газовой сети (снижение пи-

ковых нагрузок и минимизация инвестиций в расширение сети);

- экологических эффектов;
- связанных эффектов (внимание к проблемам энергосбережения приводит к повышению озабоченности проблемами общей эффективности системы – технологии, организации, логистики на производстве, системы взаимоотношений, платежей и ответственности в жилищном секторе, отношении к домашнему бюджету у граждан).

Если представить различные виды энергии в виде пропорциональных ку-



**Рис. 1.**  
**Соотношение видов источников энергии.**  
1 – количество солнечной энергии, падающей на Землю в год; 2 – современное использование солнечной энергии; 3 – запасы природного газа; 4 – запасы угля; 5 – нефтяные запасы; 6 – запасы урана; 7 – мировое потребление энергии за год.



**Рис. 2.**  
**Виды возобновляемых источников энергии.**

<sup>1</sup>Продолжение. Начало см. Энергия... 2015. № 10.

бов<sup>2</sup>, то соотношение различных составляющих будет выглядеть следующим образом (рис. 1). Классификация возобновляемых источников энергии (ВИЭ) представлена на рис. 2<sup>3</sup>.

В отличие от ископаемых топлив, ресурсы ВИЭ более равномерно распределены по территории земного шара, не находятся в монопольном владении ограниченного числа стран и поэтому рассматриваются как источники энергии, использование которых способствует повышению энергетической безопасности, снижению зависимости от импорта энергетических ресурсов и, соответственно, укреплению политической стабильности в мире.

В мировом энергетическом балансе доля носителей для традиционной энергетики сегодня составляет порядка 74%. При современном уровне потребления открытых запасов нефти хватит на 40 лет, газа – на 56 лет, угля – на 197 лет. Что касается других источников энергии, то на возобновляемые (в основном на биомассу и гидроэнергию) приходится 19.5%, а на ядерную энергию – 6.3%<sup>4</sup>. Если в течение некоторого периода времени гидроэнергетика и биомасса будут доминировать над другими видами ВИЭ, то в дальнейшем первенство на энергорынке будет принадлежать солнечной энергии и ветроэнергетике, которые сейчас активно развиваются. Кроме того, не следует забывать и об атомной энергетике.

Согласно прогнозу Мирового Энергетического Совета (МИРЭС), на долю альтернативных источников энергии в 2020 г. будет приходиться 1150–1450 млн т условного топлива (5.6–5.8% общего энергопотребления). При этом прогнозируемая доля их отдельных видов составит: биомасса – 35%,

солнечная энергия – 13%, гидроэнергия – 16%, ветроэнергия – 18%, геотермальная энергия – 12%, энергия океана – 6%. К 2030 г. альтернативные источники могут дать энергию, эквивалентную 50–70% современного уровня потребления энергии<sup>5</sup>.

Преимущества и недостатки ВИЭ можно свести в следующую таблицу (см. табл. 1)<sup>6</sup>. Такие источники (преимущественно биомасса и гидроресурсы), удовлетворяют сейчас примерно 20% мировой потребности в энергии, а энергия биомассы – 35% энергетических потребностей развивающихся стран. Прогноз до 2050 г. основан на мировом сценарии развития возобновляемой энергии, которая, при условии её эффективного использования, сможет удовлетворить потребность в энергии более 9 млрд человек<sup>7</sup>. Кроме того, большую роль играет нормативно-правовое обеспечение энергосбережения, важнейшими инструментами реализации которого являются нормативно-правовая база и ценовая и налоговая политика, направленная на экономическое стимулирование энергосбережения.

К серьёзным недостаткам большинства ВИЭ, ограничивающим их широкое практическое применение, относятся невысокая плотность энергетических потоков и их непостоянство во времени, и, как следствие этого, необходимость значительных затрат на оборудование, обеспечивающее сбор, аккумулирование и преобразование энергии. Так, например, плотность потока солнечного излучения на поверхности земли в полдень ясного дня составляет всего около 1 кВт/м<sup>2</sup>, а её среднегодовое значение с учё-

<sup>2</sup> Волостнов Б.И., Поляков В.В., Косарев В.И. Энергосберегающие технологии и проблемы их реализации. URL: [www.aselibrary.ru/digital\\_resources/journal/irr/2010/number\\_2/number\\_2\\_2/number\\_2\\_21552/](http://www.aselibrary.ru/digital_resources/journal/irr/2010/number_2/number_2_2/number_2_21552/)

<sup>3</sup> Фортов В.Е., Попель О.С. Возобновляемые источники энергии для энергоснабжения потребителей в России // Энергетический вестник. 2010. № 1.

<sup>4</sup> См. сноску <sup>2</sup>.

<sup>5</sup> Энергосбережение и энергосберегающие технологии, приводящие к экономии электроэнергии. URL: [zeleneet.com/cat/chistaya-energiya/energoberezhenie/](http://zeleneet.com/cat/chistaya-energiya/energoberezhenie/)

<sup>6</sup> Просвирнов А. Водородная энергетика – афера века или панацея от всех бед человечества. URL: [www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3440](http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3440)

<sup>7</sup> Statistical Review of World Energy 2014. URL: [www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html](http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html)

## Преимущества и недостатки ВИЭ

Инженерные проблемы	Экономические проблемы	Экологические проблемы	Нравственные проблемы
1	2	3	4

*Гелиоэнергетика (гелиоконденсаторы, солнечные батареи)*

- Стохастический характер получения и отсюда необходимость аккумулирования энергии.
- Повышение КПД солнечных батарей. Защита батарей от загрязнений.
- Высокая стоимость технологий получения энергии.
- Утилизация солнечных батарей не экологична.
- Огромные площади под “солнечные плантации”.

*Биоэнергетика (производство биомассы, биосинтез водорода, жидкое топливо – этанол, масло и т.д.)*

- Выбросы ацетона, метана и азотсодержащих органических веществ.
- Использование пахотных земель под засев культур.
- Рост цены на фуражное зерно и продовольствие.
- Выращивание соответствующих культур и производство из них топлива требует немалых энергетических затрат.
- Чрезвычайно быстро расширяющееся производство биотоплива в тропических районах (в Бразилии, Индонезии, Малайзии) приводит к уничтожению девственных лесов или распахиванию своеобразных бразильских саванн.

*Ветроэнергетика*

- Стохастический характер получения и отсюда необходимость аккумулирования энергии.
- Непостоянство ветровых потоков создает проблемы надежности производства электроэнергии.
- Необходимость резерва мощности в энергосистеме и механизмов сглаживания неоднородности выработки.
- Основная часть стоимости ветроэнергии определяется первоначальными расходами на строительство сооружений ВЭУ (стоимость 1 кВт установленной мощности ВЭУ ~1000 долл.).
- Высокая стоимость аккумуляторных батарей – около 25% стоимости установок (используются в качестве источника бесперебойного питания при отсутствии внешней сети).
- Ветрогенераторы изымают часть кинетической энергии движущихся воздушных масс, что приводит к снижению скорости их движения. При массовом использовании ветряков (например, в Европе) это замедление теоретически может оказывать заметное влияние на локальные (и даже глобальные) климатические условия местности.
- Визуальное воздействие ветрогенераторов – субъективный фактор. Для улучшения эстетического вида ветряных установок во многих крупных фирмах работают профессиональные дизайнеры. Ландшафтные архитекторы привлекаются для визуального обоснования новых проектов.

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4
---	---	---	---

*Гидроэнергетика и альтернативная гидроэнергетика*

- |  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Зависимость от сезонных колебаний производимой и потребляемой мощностей.</li> <li>• Необходимость резервных мощностей.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Экономичность зависит от месторасположения ВЭУ.</li> <li>• Удорожание навигации.</li> <li>• Убытки сельскохозяйственного, лесного и рыбопромышленного хозяйств.</li> <li>• Удорожание транспорта (мосты, объездные пути и т.п.).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Создание гидротехнических сооружений препятствует рыбоходу.</li> <li>• Приводит к значительному затоплению плодородных земель, так как требуют большого “зеркала” воды.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Изменение ландшафта – затопление деревень и посёлков, мест естественного обитания диких животных и птиц.</li> </ul> |
|--|--|---|--|

*Водородная энергетика*

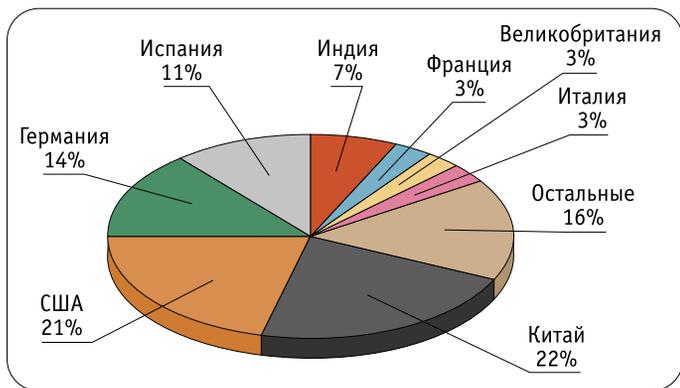
- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Чтобы выделить водород из воды, необходимо затратить энергию в 3.5 раза большую, чем потом можно получить от водорода в химической реакции окисления.</li> <li>• Отсутствие развитой инфраструктуры.</li> <li>• Использование водорода потребует сложной технологии и системы обеспечения безопасности.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Процесс получения водорода дорогостоящ, себестоимость – 10–30 долл. за килограмм водорода. В будущем прогнозируется снижение до 3–4 долл.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сжигание водорода экологически чисто.</li> <li>• Водород взрывоопасен.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Чувство страха в связи с известным феноменом повышенной пожаро- и взрывоопасности.</li> </ul> |
|---|---|--|--|

том сезонных и погодных колебаний для самых солнечных районов земного шара не превышает 250 Вт/м<sup>2</sup> (для средней полосы России – 120 Вт/м<sup>2</sup>). Средняя удельная плотность энергии ветрового потока также, как правило, не превышает нескольких сотен Вт/м<sup>2</sup>. Так, при скорости ветра 10 м/с удельная плотность потока энергии равна 500 Вт/м<sup>2</sup>. Плотность энергии водного потока, имеющего скорость 1 м/с, также составляет всего около 500 Вт/м<sup>2</sup>. Для сравнения укажем<sup>8</sup>, что плотность теплового потока на стенке топки парового котла достигает нескольких сотен кВт/м<sup>2</sup>.

<sup>8</sup> Фортон В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. Долгопрудный, 2011.

Отдельно остановимся на таком перспективном виде биотоплива, как морские водоросли<sup>9</sup>. Это действительно возобновляемый и колоссальный резерв. Он соответствует повышенным экологическим требованиям, его не нужно выращивать, затрачивая дополнительные средства, просто поддерживать плантации в порядке. Водоросли, кроме большой массы выхода с одного квадратного метра площади, дают до 50% готового топлива с единицы продукции, что значительно больше, чем

<sup>9</sup> Шейдина О. Морские водоросли, как перспективное биотопливо. Ч. 1, 2. URL: [zeleneet.com/morskie-vodorosli-kak-perspektivnoe-biotoplivo-chast-1/29859/](http://zeleneet.com/morskie-vodorosli-kak-perspektivnoe-biotoplivo-chast-1/29859/), [zeleneet.com/morskie-vodorosli-kak-perspektivnoe-biotoplivo-chast-2/29864/](http://zeleneet.com/morskie-vodorosli-kak-perspektivnoe-biotoplivo-chast-2/29864/)



**Рис. 3.**  
**Доля стран-лидеров ветроэнергетики в суммарной установленной мощности ВЭС.**

у наземных растений. С точки зрения биологии – это водный организм, который может состоять из одной клетки размером с миллионную часть метра. Но существуют и многоклеточные водоросли-гиганты, достигающие длины 40 м. Содержание в их составе хлорофилла обуславливает возможность выработки веществ путём поглощения кислорода и преобразования его в органический углерод, являющийся основной формой биологических существ на нашей планете. Наиболее ценными с энергетической точки зрения, являются мельчайшие водоросли, обитающие не только в море, но и в пресных водоёмах. Особенно их достаточно образуется на болотах и замкнутых системах. Поскольку водоросли принадлежат к классу растений, то солнце, вода и воздух являются основными компонентами, необходимыми для роста. Главной трудностью при получении большого объёма массы является невозможность протекания процесса фотосинтеза в глубине растений, превышающей всего несколько сантиметров. Солнечные лучи не проникают в растительную толщу и скорость реакции падает. Однако удалось построить такой реакторный биорезервуар, в котором сочетаются самые оптимальные варианты поступления света и необхо-

димых веществ, ускоряющих фотосинтез. Работы в данном направлении интенсивно продолжаются.

Во многих странах проводятся активные исследования и разработки по поиску новых более экологически безопасных источников энергии и технологий их преобразования, к которым, в первую очередь, относятся природные ВИЭ.

Наибольший интерес к ВИЭ, сопровождавшийся ростом финансирования исследований и разработок в этой области, был проявлен странами, находящимися в сильной зависимости от импорта традиционных энергоресурсов (ЕС, США, Япония, Китай и др.). В относительно короткие сроки к началу нового века были достигнуты значительные успехи в коренном улучшении энергетических и технико-экономических показателей различных технологий преобразования ВИЭ в полезные для человека виды энергии, в частности, тепло и электричество.

Большое значение имеет развитие ветроэнергетики<sup>10</sup>. Опубликован новый энергетический сценарий ЕС, согласно которому к 2020 г. на долю ветроэнергетики в ЕС будет приходиться 136 ГВт установленной мощности электроэнергии, это 41% всех новых энергогенерирующих установок (ВЭУ). Установленная мощность уже построенного ветропарка ЕС достигла к концу 2010 г. 86.3 ГВт, всего же в мире мощность ветроэнергетических электростанций (ВЭС) составляет 197 ГВт. Впервые на первом месте по суммарному количеству установленных мощностей ветряных электростанций в 2010 г. оказался Китай, обогнав традиционных лидеров ветроэнергетики – США и Германию. Доля стран-лидеров ветроэнергетики в суммарной

<sup>10</sup> *Мировой опыт в освоении энергии ветра // Энергосовет. 2011. № 4. URL: [www.energosoвет.ru](http://www.energosoвет.ru)*

Таблица 2

**Суммарные установленные мощности ВЭС  
по странам мира 2005–2010 гг.\***

Страна	Суммарная установленная мощность ВЭС, МВт					
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Китай	1260	2405	6050	12210	25104	41800
США	9149	11603	16818	25170	35159	40200
Германия	18428	20622	22247	23903	25777	27214
Испания	10028	11615	15145	16754	19149	20676
Индия	4430	6270	7580	9645	10833	13064
Италия	1718	2123	2726	3736	4850	5797
Франция	757	1567	2454	3404	4492	5660
Великобритания	1353	1962	2389	3241	4051	5203
Канада	683	1451	1846	2369	3319	4008
Япония	1040	1394	1538	1880	2056	2304
Австралия	579	817	817.3	1306	1668	2020
Турция	20.1	50	146	433	801	1329
Бразилия	29	237	247.1	341	606	932
Украина	77.3	86	89	90	94	87
Россия	14	15.5	16.5	16.5	16.5	16.5

\* Данные Европейской ассоциации ветроэнергетики (WWEA) и Глобального ветроэнергетического конгресса (GWEC).

установленной мощности ВЭС на конец 2010 г. представлена на рис. 3. Сведения по суммарной установленной мощности ВЭС по ряду стран мира приведены в табл. 2, а суммарные установленные мощности по годам – в табл. 3. Из приведённых данных наглядно видна динамика развития ветроэнергетики.

Многие технологии энергетического использования ВИЭ приблизились к порогу конкурентоспособности с традиционными технологиями, а в некоторых благоприятных условиях, практических приложениях и регионах превошли этот порог. Это дало основание рассматривать возобновляемую энергетику как один из ключевых трендов развития мировой энергетики, способных содействовать решению глобальных энергетических и экологических проблем человечества, обусловленных неуклонным ростом населения и растущим потреблением энергии, которое к 2020 г. по прогнозам возрастет до 18–20 млрд т н.э. в год<sup>11</sup>. Вследствие интенсивных разработок и освоения промышленных технологий стоимость энергии от использования ВИЭ удалось снизить в разы (рис. 4)<sup>12</sup>.

Большинство “за и против” использования ядерной энергии хорошо известно. Полностью “запретить” её вряд ли удастся даже с учётом Фукусимы, но совершен-

<sup>11</sup> Фортон В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. Долгопрудный, 2011.

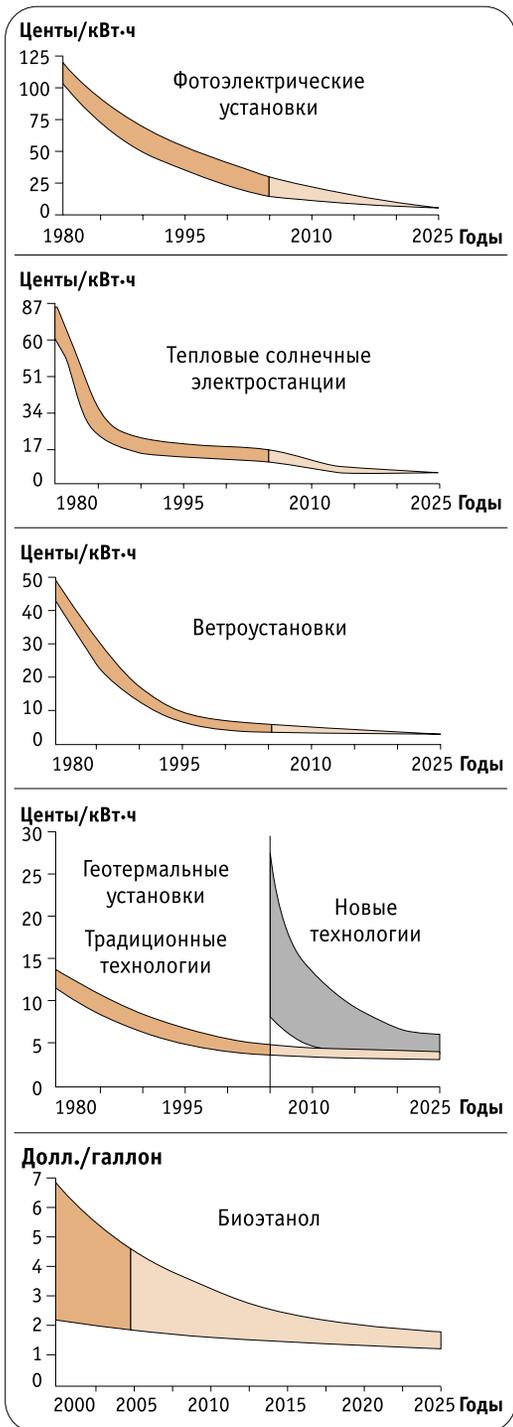
<sup>12</sup> Douglas J. Arent, Alison Wise, Rachel Gelman. The status and prospects of renewable energy for combating global warming // Energy Economics. Vol. 33. Issue 4. July 2011. P. 584–593.

Таблица 3

**Суммарные установленные мощности ВЭС (МВт) в мире по годам\***

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
7 475	9 663	13 696	18 039	24 320	31 164	39 290	47 686	59 004	73 904	93 849	120 791	157 000	196 630

\* Данные Европейской ассоциации ветроэнергетики (WWEA).



"Энергия: экономика, техника, экология" 11/2015

**Рис. 4.**  
Тенденции изменения стоимости энергии от различных ВИЭ (в центах 2005 г.)

ствование атомных реакторов, особенно с точки зрения безопасности для людей и природы, будет происходить постоянно.

Несколько слов о том, что происходило в РФ, когда развитые страны активно работали над энергосберегающими технологиями. Практически работы в этом направлении не проводились. В 70-е годы мы только радовались повышению цены на нефть, в 80-е – была перестройка, а экономика просто рухнула, вначале 90-х – делили советскую собственность. Так вышло, что весь наиболее активный период создания новых энергосберегающих технологий мы пропустили. И только в середине 90-х годов в России стали думать об экономии энергии. Думать по существу, а не решать отдельные точечные вопросы.

Имеются три основные движущие силы, заставляющие страны использовать возобновляемые источники энергии:

1) энергетическая безопасность, направленная на обеспечение независимости от стран-экспортеров энергоресурсов;

2) экологическая безопасность, связанная с беспокойствами по поводу глобального изменения климата. Источники возобновляемой энергии дают возможность обеспечивать энергетические потребности, сокращая при этом выбросы парниковых газов в атмосферу;

3) себестоимость возобновляемых источников энергии, которая должна сокращаться по мере совершенствования энергосберегающих технологий.

Следует отметить, что неравномерное распределение возобновляемых ресурсов по странам мира и внутри отдельных стран затрудняет выработку единой широкомасштабной политики в этой сфере.

О способах построения экономических источников электроэнергии и перспективах развития энергосберегающих технологий в мире и РФ поговорим в третьей части статьи (см. следующий номер).