

**Павел Безруких**

**ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА:  
СЕГОДНЯ – РЕАЛЬНОСТЬ,  
ЗАВТРА – НЕОБХОДИМОСТЬ**

Серия  
«Экологическая политика»



Российская объединенная демократическая партия  
«ЯБЛОКО»  
Фракция «Зеленая Россия»

**Серия «Экологическая политика»**

**Павел Безруких**

**ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА:  
СЕГОДНЯ – РЕАЛЬНОСТЬ,  
ЗАВТРА – НЕОБХОДИМОСТЬ**

Москва, 2007

Рецензент: проф. М.И. Осипов, д. т. н., зав. кафедрой  
«Газотурбинные и нетрадиционные энергетические  
установки» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Ответственный редактор: член-корр. РАН, проф. А.В. Яблоков  
Технический редактор: Ю.Ф. Морозова  
Верстка: Д.В. Щепоткин

### **Безруких П.**

Возобновляемая энергетика: сегодня — реальность, завтра — необходимость. — М.: Лесная страна, 2007. — 120 с. — ISBN 978-5-91505-004-3.

Анализ перспектив использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), обзор преимуществ ВИЭ по сравнению с топливной энергетикой в потреблении первичной и производстве электрической энергии в мире и в России. Оценка энергетической и экономической эффективности ВИЭ. Обзор развития ВИЭ в России, анализ барьеров и препятствий на путях использования ВИЭ. Сформулированы предложения по первоочередным мерам преодоления этих препятствий.

Книга предназначена для широкого круга читателей — от интересующихся проблемами энергетики, до лиц, принимающих решения в области экологической политики страны.

Стр. 120. рис. 14, библи. 30.

© П. Безруких

© Обложка, оригинал-макет РОДП «ЯБЛОКО», Л.А.Аниканова,  
Д.В. Щепоткин, 2007

---

---

# Содержание

---

---

<b>Предисловие редактора .....</b>	<b>6</b>
<b>От автора .....</b>	<b>9</b>
<b>Введение .....</b>	<b>10</b>
<b>Глава 1. Преимущества и недостатки различных видов энергоресурсов.....</b>	<b>30</b>
<b>1.1. Качественная оценка невозобновляемых (истощаемых) топливных ресурсов .....</b>	<b>30</b>
<b>1.2. Качественная оценка возобновляемых энергетических ресурсов (солнце, ветер, биомасса, гидроэнергетика, низкопотенциальное тепло) .....</b>	<b>31</b>
<b>1.3. Оценка экологического влияния установок на базе ВИЭ .....</b>	<b>34</b>
<b>1.4. Экологические преимущества возобновляемой энергетики.....</b>	<b>37</b>
<b>1.5. Количественная оценка предотвращения загрязнения окружающей среды при использовании ВИЭ .....</b>	<b>39</b>
<b>1.6. Роль ВИЭ в решении трёх глобальных проблем стоящих перед мировым сообществом .....</b>	<b>42</b>
<b>Глава 2. Доля ВИЭ в энергобалансе сегодня и завтра.....</b>	<b>44</b>
<b>2.1. Динамика доли различных энергоресурсов в мировом энергобалансе за период 1971–2004 гг. 44</b>	

2.2. Перспективы увеличения доли ВИЭ .....	47
2.3. О необходимости перехода на возобновляемую энергетику.....	56
<b>Глава 3. Экономика возобновляемой энергетики</b>	<b>60</b>
3.1. Традиционные экономические оценки возобновляемой энергетики.....	60
3.2. Предложения по объективности экономических оценок ВИЭ .....	68
<b>Глава 4. Возобновляемая энергетика России .....</b>	<b>70</b>
4.1. Этапы нелегкого пути.....	70
Солнечная энергетика.....	73
Геотермальная энергетика .....	79
Ветроэнергетика .....	82
Малая гидроэнергетика .....	86
Использование энергии биомассы.....	88
4.2. Производство электрической и тепловой энергии на базе ВИЭ в России .....	91
4.3. Прогноз развития ВИЭ в России .....	95
<b>Глава 5. Что можно и нужно делать для развития ВИЭ в России .....</b>	<b>97</b>
5.1. Барьеры и препятствия на пути ВИЭ .....	97
5.2. Почему развитие ВИЭ важно для России? .....	100
5.3. Что нужно и что можно сделать для развития ВИЭ в России?.....	101

<b>Заключение.....</b>	<b>106</b>
<b>Литература.....</b>	<b>110</b>
<b>Приложение 1. Финансовые льготы для развития ветроэнергетики в США (в прошлом и настоящем) .....</b>	<b>113</b>

---

## Предисловие редактора

---

Энергетика — одна из ключевых сфер не только экологической, но и всей мировой политики. Энергетика была бы небольшой частной составляющей общего развития общества, и уж, конечно, не оказалась бы в центре внимания мировой политики, если бы современное производство электроэнергии, преимущественно основанное на использовании огневых (сжигание) и атомных технологий:

- не было связано с неравномерно распределенными на планете (и ограниченными) ресурсами,
- не сказывалось на состоянии атмосферы и гидросферы,
- не изменяло бы облик целых регионов добычей нефти, газа, угля, урана,
- если бы не было связанных с энергетикой катастроф, затрагивающих жизни миллионов и стоящих обществу сотен миллиардов долларов (как Чернобыльская),
- если бы за энергоресурсы не велись войны, и цены на энергоносители не были бы командирами развития мировой экономики.

Однако реальность такова, что именно энергетические проблемы оказываются пружиной принятия многих (а, может быть, и большинства) решений, меняющих облик нашей планеты и оказывающих влияние на жизнь и здоровье любого человека. Кроме того, с энергетикой, как отраслью планетарного хозяйства человека, связано, по-видимому, около 25% трудового потенциала — это сотни миллионов человек и триллионы долларов.

Большая энергетика — среди самых инерционных отраслей мирового хозяйства — от начала планирования до ввода электростанции проходит иногда 20–30 лет. Это значит, что решения, которые принимаются в области энергетики сегодня, в значительной степени определяют состояние окружающей среды наших детей и внуков.

Если экологическая политика в отношении воды или атмосферы предельно ясна (не допускать загрязнения и истощения), то с энергетикой положение принципиально иное. От выбранного направления обеспечения человечества энергией зависит, фактически, будущее всей биосферы. Причем в большей степени, чем это происходит сегодня в результате стихийно сложившегося столетия назад развития огневой (и «подарку» от атомно-оружейной программы — атомной) энергетики. Сегодняшние антропогенные изменения климата (в немалой степени связанные с экологически грязным сжиганием угля и нефтепродуктов) могут оказаться «цветочками» по сравнению с «ягодками», связанными, например, с угрозой террористического подрыва десятков АЭС (надежной защиты от этого нет). Да и без такой катастрофы, количество уже выброшенных в биосферу радионуклидов в результате штатной работы всех АЭС мира уже превысило черномыльский выброс.

Настоящий обзор посвящен, в основном, экологическим проблемам возобновляемой энергетики. Это исключительно важно для России, где, благодаря прямому и косвенному лоббированию со стороны традиционной энергетики, распространено неоправданно скептическое отношение к развитию возобнов-



ляемых источников энергии. В общественном мнении они часто представляются какими-то прекраснодушными мечтаниями.

О том, что это далеко не так, что технически Россия (как и другие страны) давно готова к масштабному замещению не в отдаленном, в ближайшем — 5–10 лет, — будущем опасных огневых и атомных технологий экологически и экономически приемлемыми надежными возобновимыми источниками, и что для этого нужна в основном только политическая воля — настоящая небольшая книга.

Автор книги П.П. Безруких — один из лидеров возобновляемой энергетики в России, с многолетним организационным и практическим опытом в этой области, академик-секретарь секции «Энергетика» Российской Инженерной Академии, Заслуженный энергетик Российской Федерации. Он (как, впрочем, и авторы некоторых других книг серии «Экологическая политика», издаваемой фракцией «Зеленая Россия» РОДП «ЯБЛОКО») — не член РОДП «ЯБЛОКО», и его участие в издании этой серии отражает традиционный «яблочный» путь формирования позиции партии по ключевым вопросам политики — на научной основе, с привлечением профессионалов.

*Проф. Алексей Яблоков*

---

## От автора

---

Хотя данная брошюра выпускается РОДП «Яблоко», автор не является членом этой партии. Однако сам факт, что брошюра, написанная человеком коммунистических убеждений, выходит в серии «Экологическая политика» фракции «Зеленая Россия» РОДП «ЯБЛОКО», говорит о том, что проблема использования ВИЭ является надпартийной, она носит общечеловеческий и всемирный характер.

Автор приносит искреннюю благодарность А.В. Яблокову, которому принадлежит идея написания брошюры и, который любезно согласился взять на себя труд по её редактированию.

*Павел Безруких*

---

---

# Введение

---

---

Энергоресурсы (источники энергии), которыми располагает человечество, делятся на два основных вида: возобновляемые и невозобновляемые (истощаемые).

Невозобновляемые (истощаемые) энергоресурсы (источники энергии) — это природные запасы веществ и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства электрической, тепловой или механической энергии (уголь, нефть, газ, сланцы, уран, и др.). Энергия в этих источниках находится в связанном виде и высвобождается в результате целенаправленной деятельности человека.

Уголь, нефть и газ могут использоваться как составляющие топливно-энергетического баланса (ТЭБ), так и в качестве местных видов топлива, которые в ТЭБе России не учитываются.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) — это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненном цикле растительного и животного мира и жизнедеятельности человеческого общества. ВИЭ — «энергия солнца, энергия ветра, энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях, энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов, геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей, биомас-

са, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива, биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках» (из федерального закона № 449041-4 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с осуществлением мер по реформированию Единой энергетической системы России», 18 октября 2007 г.).

Дрова до настоящего времени являются местным видом топлива в большинстве субъектов РФ и являются наиболее используемой частью «биомассы».

Промежуточные источники энергии: шахтный метан — результат химических реакций, происходящих в угольных пластах. Метан также является местным видом органического топлива.

Торф — возобновляемый источник энергии в объеме годового прироста и распространенный вид местного топлива.

Согласно классическим представлениям о возобновляемой энергетике [1] первичных возобновляемых источников энергии всего три: энергия Солнца, энергия Земли и энергия орбитального движения нашей планеты в солнечной системе.

В свою очередь энергия Солнца кроме собственно солнечной энергии частично превращается в рассеянную низкопотенциальную энергию воды, воздуха и поверхностного слоя земли. Часть солнечной энергии вызывает круговорот воды в природе и является основой гидрав-

лической энергии рек, следующая часть превращается в кинетическую энергию воздуха (ветер), вызывающую также и волновое движение водных масс и последняя часть солнечной энергии через процессы фотосинтеза является основой растительного мира (биомассы).

Энергия Земли — геотермальная энергия является результатом тепловых процессов в ядре Земли и проявляется в виде парогидротерм с температурой более 100°C, геотермальной воды с температурой до 100°C, а также через тепло сухих пород толщи земной коры с температурой от 4°C и выше, в зависимости от глубины и строения земной коры.

Энергия орбитального движения нашей планеты (энергия гравитации) проявляется в виде приливной энергии.

Соотношение характеристик различных видов возобновляемой энергии представлено на рис. 1.

В технической литературе для возобновляемых источников энергии приняты термины «ресурсы» (потенциал), а для органического топлива и геотермальной энергии используется термин “запасы”.

Приняты следующие определения ресурсов (потенциала) возобновляемых источников энергии.

Валовый (теоретический) потенциал ВИЭ — годовой объем энергии, содержащийся в данном виде ВИЭ при полном её превращении в полезно используемую энергию.

Технический потенциал ВИЭ — часть валового потенциала, преобразование которого в полезную энергию возможно при существующем уровне развития технических средств, при соблюдении требований по охране природной среды.

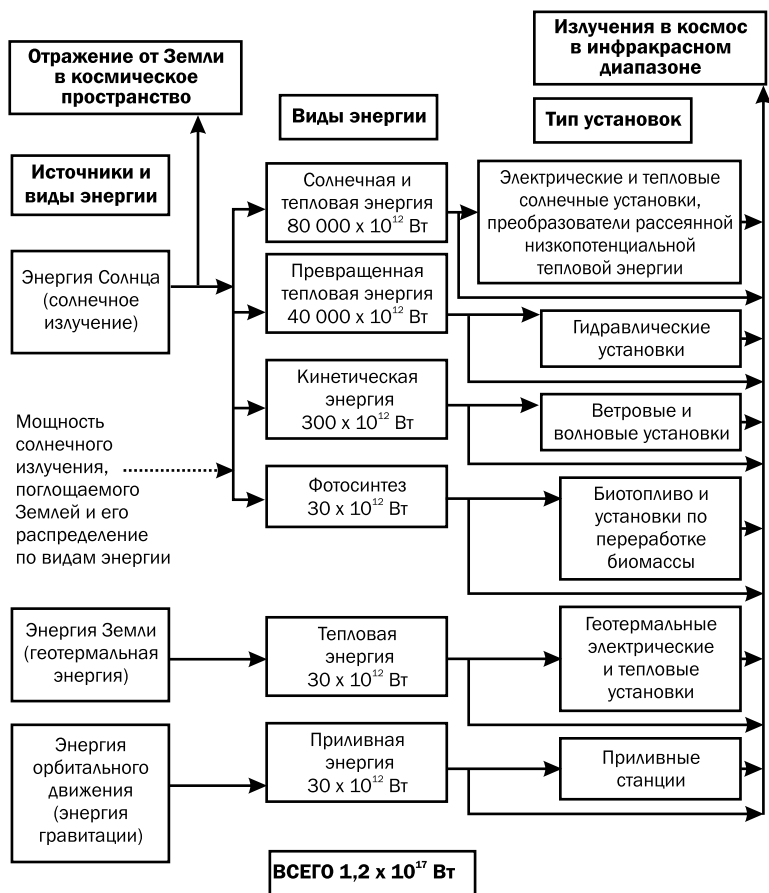


Рис 1. Характеристики возобновляемых источников энергии [1].

Технический потенциал составляет от доли процента (солнечная энергия) до десятков процентов (гидроэнергия) от валового потенциала. Он постоянно увеличивается по мере развития производства и совершенствования технологий.

Экономический потенциал ВИЭ — часть технического потенциала, преобразование которого в полезную используемую энергию экономически целесообразно при данном уровне цен на ископаемое топливо, тепловую и электрическую энергию, оборудование, материалы, транспортные услуги, оплату труда и т.д.

Экономический потенциал составляет от долей процента до десятков процентов от технического потенциала. Может изменяться в любую сторону в зависимости от колебания соотношения цен на указанные компоненты.

Для возобновляемых источников энергии общая тенденция — увеличение экономического потенциала, для невозобновляемых — уменьшение. Для нефти, газа и угля используются категории запасов: А, В, С1 — промышленные запасы с разной степенью разведанности, С2 — разведанные запасы с разной степенью изученности.

Поскольку основой жизни на Земле является солнечная энергия, и на рис. 1 показано в каких установках она используется, поясним короткими примерами, как работают эти установки.

Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую, называется фотоэлектричеством и осуществляется в так называемых фотоэлементах (ФЭ) представляющий собой пластинки из кремния или других веществ, толщиной до 200 микрон. Солнечные лучи, попадая на обработанную специальным образом поверхность фотоэлемента, преобразуются в электрический ток. Размеры фотоэлементов бывает от долей квадратного сантиметра до 250 см<sup>2</sup>. Один элемент дает напряжение 0,5 В, а ток — в зависимости от размеров и КПД элемента. Так при КПД 15% (промышленно до-

стигнутая величина) и размере 100 x 100 мм, пиковая мощность фотоэлемента составит 1,5 Вт. В модуле эти элементы (обычно 36 штук) соединяются последовательно и на входе получаем напряжение  $36 \times 0,5 = 18$  В и мощность  $\sim 50$  Вт. Пример модуля, изготавливаемого в Рязани, показан на рис. 2.

Почему здесь используется понятие «пиковая» мощность? Как известно приход солнечной радиации в каждой точке Земли меняется каждый день от минимального (ночью) до максимального значения (в полдень), и зависит от широты местности, времени года, погодных условий. Чтобы сравнивать разные фотоэлементы и их КПД, условились проводить измерения мощности, а значит и КПД, при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$  и мощности солнечной радиации равной  $1000 \text{ В/м}^2$ . Следовательно, при другой величине солнечной радиации, мощность модуля будет другая. Поэтому во всех статистических таблицах речь идет о пиковой мощности.

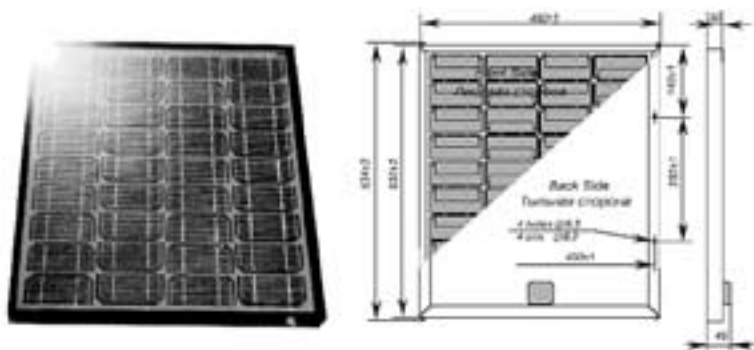


Рис. 2. Фотоэлектрический модуль PSM1 производства ОАО «Рязанский завод металлокерамических приборов» (число элементов — 36; напряжение — 17,5 В; ток — 1,1 А; мощность — 20 Вт).



Соединяя модули параллельно и последовательно, получают фотобатареи (иначе — солнечные батареи) нужного напряжения и мощности.

Солнечная энергия используется также и для получения тепла (например, горячей воды). Для этого используется устройство, называемое солнечным коллектором (СК). Простейший СК — это плоский теплоизолированный ящик площадью 0,5–1,5 м<sup>2</sup>, внутри которого расположены две трубы — коллекторы: горячей и холодной воды. Коллекторы соединены между собой трубками с ребрами (ребра — для увеличения нагреваемой поверхности). Трубки под действием солнечной энергии прогреваются и горячая вода начинает подниматься вверх и поступать в теплоизолированный бак — аккумулятор. Если между уровнем СК и баком-аккумулятором более 1,5 метра, в системе устанавливается насос для циркуляции воды-теплоносителя. Объем воды, нагреваемой в таком солнечном коллекторе, составляет несколько литров. Чтобы получить более значительный объем воды, СК соединяют параллельно. Расход воды, потребляемой из бака аккумулятора, восполняется либо от водопровода, либо от индивидуальной насосной установки, либо вручную.

Пример небольшой установки солнечного горячего водоснабжения показан на рис. 3а, а солнечной установки горячего водоснабжения индивидуального пользования — на рис. 3б.

Другой пример солнечного коллектора — установка для сушки древесины (рис. 4). Солнечные лучи, попадая на черную панель увеличенной в размерах и ориентированной на юг крыши, нагревают чердачное пространство, откуда перегретый воздух через систему направля-



Рис. 3а. Система солнечного горячего водоснабжения  
в г. Анапа.



Рис. 3б. Солнечная установка горячего водоснабжения для  
индивидуальных домов и коттеджей производства  
ОАО «Ковровский механический завод»

ющих отверстий поступает в основное помещение, где находится высушиваемая древесина. Эффективность этой простой установки (доступной для изготовления и применения на большей части территории страны) сравнима с лучшими промышленными электро- и инфракрасными сушилками.

Технологий использования солнечной энергии для производства электрической и тепловой энергии существует немало. Одна из них — солнечная башенная станция. Это башня, на вершине которой находится солнцеприемное устройство — солнечный котел. На земле устанавливаются подвижные зеркала (гелиостаты), которые меняют свое положение в соответствии с



Рис 4. Солнечный коллектор для сушки древесины в Муравьевском парке устойчивого природопользования, Амурская область. Фото М. Колодиной

движением Солнца по горизонту и высоте, постоянно фокусируя отраженные лучи на котле. Нагреваясь, вода в котле превращается в пар, который далее поступает в паровую турбину, вращающую генератор. Такие станции называются также солнечными электростанциями с паротурбинным циклом.

Примером установки, преобразующей рассеянную тепловую энергию, являются тепловые насосы (ТН). Обобщенная схема теплового насоса и происходящих процессов представлена на рис. 5.

Принцип работы ТН основан на передаче тепла от низкотемпературных источников тепла окружающей среды к высокотемпературному теплопотребителю за

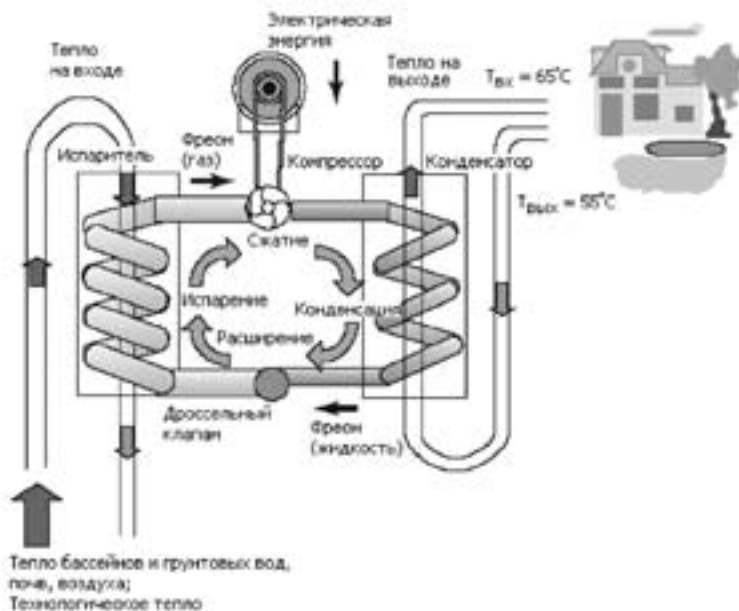


Рис. 5. Схема теплонасосной установки

счет фазовых превращений рабочих веществ (озонобезопасных хладонов R 22, R 134, R 142).

В испаритель поступает вода или воздух от низкопотенциального источника тепла (грунтовая, артезианская, речная вода, вода систем оборотного водоснабжения и т.п.) или воздух систем вентиляции (кондиционирования) или окружающей среды. За счет тепла этой воды/воздуха хладон в испарителе закипает, пары поступают в компрессор, где происходит их сжатие с повышением температуры. Сжатые пары хладона затем конденсируются в конденсаторе при высоких температуре и давлении, отдавая тепло воде системы отопления (+ 65°C). Далее жидкий хладон, проходя через дроссельный клапан, охлаждается настолько, чтобы он смог превратиться в пар под действием низкотемпературного тепла в испарителе. Т.е. цикл фазовых превращений завершается и повторяется непрерывно.

Эффективность теплового насоса характеризуется коэффициентом преобразования (КП). Он определяется как отношение количества тепловой энергии, вырабатываемой ТН на 1 кВт·ч затраченной электроэнергии (КП колеблется от 2,5 до 8, в зависимости от соотношения температур охлаждаемого источника и теплоносителя). Чем выше температура источника низкопотенциальной энергии, тем выше коэффициент преобразования ТН.

Тепловой насос является весьма эффективной установкой. Срок окупаемости капитальных затрат по сравнению с электродотельными — 1–2 года, угольными и мазутными котельными — 2–3 года.

Гидравлические установки — это всем известные гидростанции. В отличие от мощных ГЭС, малые ГЭС не имеют большого водохранилища, зачастую у них нет

и плотины — лишь заборное устройство. Примером экологически чистых (бесплотинных) малых ГЭС являются микро-ГЭС рукавного типа. На рис. 6 изображена такая ГЭС конструкции МНТО «ИНСЭТ» мощностью 10 кВт, сооруженная в Тыве. Напорный трубопровод (в данном случае деревянный лоток в середине снимка) соединяет турбину с водозаборным устройством, расположенным выше места установки турбины. К валу турбины присоединен генератор (на снимке слева), от которого кабель идет к шкафу управления (на снимке не показан) и далее к потребителю. После прохождения через турбины, вода возвращается в реку.

К «микро»-ГЭС относятся станции мощностью до 100 кВт, к «малым» ГЭС — станции от 100 кВт до 30 МВт (и агрегаты единичной мощностью до 5 МВт).

Ветроэлектрические (коротко — ветроустановки)



Рис. 6. Бесплотинная микро-ГЭС мощностью 10 кВт в Республике Тыва.

установки (ВЭУ) охватывают широкий диапазон мощностей от 40 Вт до 5000 кВт. На рис. 6 показана ветроустановка мощностью 500 Вт с диаметром ветрового колеса 2,2 м, весом 60 кг, высотой башни 9 м, выпускаемая ТНЦР-ЦНИИ «Электроприбор». Такие и подобные установки предназначены для энергоснабжения индивидуальных потребителей и, как правило, имеют аккумуляторные батареи. Ветроустановка мощностью в 1 кВт может выработать в год при средних ветровых условиях 1300–1500 кВт\*ч. Монтаж небольших ветроустановок не сложен.



Рис. 7. Ветроустановка УВЭ-500 мощностью 500 Вт производства ТНЦР-ЦНИИ «Электроприбор».

В современных ВЭУ большой мощности использованы достижения многих отраслей науки и техники (механики, аэродинамики, электротехники, электроники, материаловедения, компьютерной техники и др.). ВЭУ большой мощности, как правило, подключаются к энергетическим сетям общего пользования или работают в составе ветродизельных электростанций. ВЭУ изображенная на рис. 8, мощностью 250 кВт. разработанная НПО «Ветрон» (Россия) и НПО «Южное» (Украина). На Чукотке установлено 10 таких агрегатов, работающих весьма успешно.



Рис. 8. Ветроустановка мощностью 250 кВт (разработчик — НПО «Ветроэн»)



Единичная мощность ветроустановок за рубежом достигла 5 МВт. Такие установки имеют поражающее воображение размеры: диаметр ротора — 126 м (размер футбольного поля), высота башни — 80–100 м и т.д.

В кабинах ВЭУ «мегаватного» класса располагаются механизмы, обеспечивающие превращение энергии ветра в электрическую энергию (валы, редуктор, генератор, иногда и трансформатор); механизмы, обеспечивающие экономичность, надежность и безопасность работы ВЭУ (механизм поворота лопастей, механизм поворота кабины на ветер, механизмы тормозных систем); а также аппараты и средства автоматики.

Ветроустановка, солнечная установка, или ГЭС мощностью 1 МВт вырабатываемой в год 1,5–1,8 млн. кВт\*ч. Это достаточно для электроснабжения 400–500 квартир (домохозяйств).

Большое и разнообразное применение находит «биомасса». Её использование (в виде дров и других сжигаемых растений и отходов) возникло на заре человечества и сейчас дает значительную долю тепловой энергии в Африке и Индии, да и в России. А сжигание отходов деревообработки, целлюлозно-бумажной промышленности в котельных и теплоцентралях в России широко используется с шестидесятых годов прошлого столетия.

Широкое распространение за рубежом получили биогазовые технологии. В России промышленным (коммерческим) воплощением, к сожалению совершенно недостаточным, этих технологий является установка — автономный биоэнергетический модуль, «БИОЭН-1», разработанный центром «ЭкоРос» (рис. 9).

Модуль «БИОЭН-1» предназначен для безотходной, экологически чистой переработки отходов сельскохо-

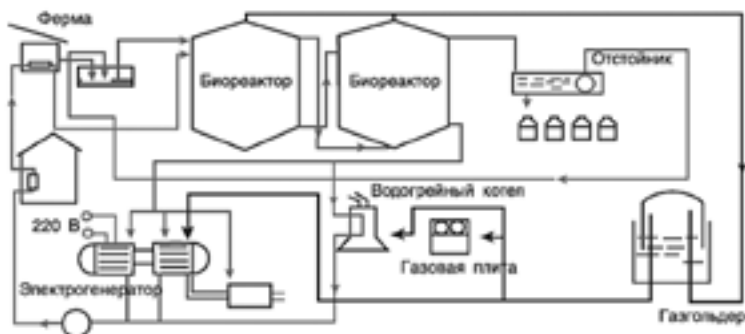


Рис. 9. Схема биоэнергетического блока-модуля «БИОЭН-1» центра «ЭкоРос».

зайственного производства (навоза, помета, фекалии, твердых бытовых отходов, пищевых отходов, растительных остатков) в газообразное топливо — биогаз, конвертируемый далее в электрическую и/или тепловую энергию, и экологически чистые органические удобрения, лишенные нитратов и нитритов, патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, специфических запахов.

В состав модуля «БИОЭН-1» входят: 2 биореактора-метантенка по 5 м<sup>3</sup> каждый, газгольдер мокрого типа на 12 м<sup>3</sup>. Модуль комплектуется также: биогазовыми теплогенератором мощностью 23 кВт и электрогенератором мощностью 4 кВт, бытовой конфорочной биогазовой плитой, инфракрасными горелками на биогазе мощностью 5 кВт.

Технические характеристики «БИОЭН-1»:

- площадь отапливаемого помещения до 200 м<sup>2</sup>;
- суточное количество перерабатываемых отходов (при влажности 85%) — до 1 тонны;

- количество вырабатываемого биогаза (60% метана) — до 40 м<sup>3</sup>/сут;
- количество вырабатываемых жидких органических удобрений практически равно весу отходов за вычетом веса биогаза (~ 40 кг).
- собственные потребности в энергии на поддержание термофильного процесса составляет 30%.

Модуль «БИОЭН-1» может собираться в батареи из 2-х, 3-х, 4-х комплектов для полной переработки отходов:

- а) до 100 голов крупного рогатого скота;
- б) до 1000 голов свиней;
- в) до 10 000 голов птицы.

Среди других технологий использования биомассы наибольшие перспективы имеют газификация и пиролиз.

Газификация биомассы — переработка лигно-целлюлозных материалов под воздействием температуры при ограниченном доступе воздуха в так называемый «генераторный газ» или «синтез-газ». Исходным сырьем является древесина, древесные отходы, солома, лузга подсолнечника, твердые бытовые отходы. Ориентировочный состав «синтез-газа»: водород — 40–50%, угарный газ 35–45%, углекислый газ 3–5%, метан — до 1% в зависимости от сырья.

Газификация биомассы в России имеет давнюю традицию. Во время и после Великой Отечественной войны вплоть до 1955 года многие отечественные грузовые автомашины и трелёвочные трактора, работающие на лесозаготовках и вывозе древесины, были оснащены газогенераторами. В качестве сырья использовались небольшие дровяные кубики. Газ, получаемый в уста-

новленном с внешней стороны кабины газогенераторе, поступал в систему топливоподачи двигателя, подобно той, которая используется в современных автомобилях на сжатом и сжиженном газе.

В настоящее время имеется около десятка газогенераторов разной конструкции и мощности, использование которых, например, в леспромхозах могло бы найти широкое применение.

Пиролиз и «быстрый пиролиз» — нагрев тех же лигно-целлюлозных материалов без доступа воздуха с целью получения газообразного или жидкого топлива. «Быстрый» от «простого» пиролиза отличается тем, что в нём обеспечивается резкое повышение температуры сырья до 600°C. В результате сырьё «мгновенно» переходит в газ, который охлаждаясь превращается в био-нефть.

Получение древесных гранул (пеллет) — технология, в результате которой под давлением формируются гранулы с применением или без связывающих веществ, позволяющая повысить удельную теплотворную способность исходного органического топлива (размельченной древесины, древесных отходов, торфа), а также автоматизировать процесс работы котла.

Весьма распространенной технологией является также получение из биомассы (сорго, пшеницы, кукурузы, картофеля, древесины и др.) био-этанола (этилового спирта). Добавление 5–10% этанола к бензину приводит к снижению вредных выбросов от двигателей внутреннего сгорания на 30%.

Нельзя не упомянуть также о «био-дизеле» — рапсовом и другом растительных маслах, которые при использовании в дизельных двигателях, также существенно снижают вредные выбросы.

Биоэтанол и биодизель являются перспективным альтернативным топливом.

Геотермальная тепловая энергетика развивается в двух направлениях: а) получение тепла путем прямого использования термальной воды с температурой 60–90°C и б) производство тепловой энергии на специальных тепловых станциях.

Геотермальная электроэнергетика представлена в России Паужетской (11 МВт), Мутновской (50 МВт) и Верхнее-Мутновской (12 МВт) электростанциями на Камчатке (рис. 10).

Экологическая чистота Верхнее-Мутновской и Мутновской ГеоЭС достигается тем, что отработанный теплоноситель закачивается обратно в пласт\*.

За рубежом интенсивно разрабатываются и уже получили небольшое распространение экспериментальные установки, использующие энергию волн, морских течений и перепад температур в морях и океанах. Много лет во Франции работает электростанция мощностью 300 МВт, использующая энергию прилива и порядка 10 станций малой мощности экспериментального типа в разных странах.

В России в 1970 году была пущена в эксплуатацию экспериментальная Кислогубская приливная электростанция (ПЭС). Эксперимент, к сожалению, растянулся почти на 40 лет. В течение этого срока станция находи-

---

\* Прим. ред.: Если будут реализованы разработки проф. Н.А. Гнатуса по сверхбыстрому созданию глубоких скважин (Н. Гнатусь, 2007. Буровой снаряд, не имеющий аналогов в геотермальной энергетике. Электро-info. Июнь, сс.44-46), то это может оказаться переворотом в мировой энергетике, поскольку в любой точке планеты на глубине 500–2000 м есть теплые воды, которые можно использовать для получения электроэнергии.

лась в работе в общей сложности не более 3500 часов. В сооружении этой ПЭС впервые в мире был использован так называемый наплавной способ, по которому станция полностью сооружается на заводе с пустотелыми объемами, благодаря чему блок приобретает плавучесть и способность транспортироваться по морю. На месте установки емкости заполняются водой и блок опускается на подготовленное под водой основание.

В 2004–2006 годах был сооружен и установлен на Кислогубской ПЭС новый блок мощностью 1,5 МВт. В настоящее время проводятся испытания энергоблока, по результатам которых и будут приниматься решения о строительстве промышленной ПЭС. Предварительно определены три возможных створа для строительства приливных станций: Мезенская ПЭС мощностью 10000 МВт в Архангельской области, Тугурская ПЭС мощностью 6800 МВт в Хабаровском крае и Пенжинская ПЭС мощностью 8700 МВт в Камчатском крае.



Рис. 10. Верхне-Мутновская геотермальная электростанция мощностью 12 МВт.

---

# **Глава 1. Преимущества и недостатки различных видов энергоресурсов**

---

## **1.1. Качественная оценка невозобновляемых (истощаемых) топливных ресурсов**

### **Преимущества:**

- высокая плотность энергии заключенной в энергоносителе: уголь — 5000–7000 ккал/кг, нефть — 9000–10000 ккал/кг, газ — 7000–8000 ккал/кг, уран — 17–20 млрд. ккал/кг;
- высокая степень освоения технологий от разведки запасов до потребления;
- ориентация мирового хозяйства на их использование в качестве топлива и сырья;
- развитая инфраструктура на всех стадиях: добыча, транспортировка, переработка и использование;
- развитая структура подготовки научных и эксплуатационных кадров;
- развитая структура производства оборудования и приборов;
- широкий диапазон мощностей энергетических установок (1–1 500 000 кВт);
- развитая инфраструктура научных учреждений.

### **Недостатки:**

- истощаемость ресурсов (не будем спорить, насколько хватит нефти, газа и урана, но их ограниченность не вызывает сомнений);

- глобальное влияние на изменение климата вследствие эмиссии  $\text{CO}_2$  и теплового загрязнения;
- загрязнение среды обитания человека отходами производства — жидкими, газообразными, твердыми (в России к имеющимся 1,32 млрд. тонн золошлаковых материалов — более 9 тонн на каждого россиянина, — ежегодно добавляется ещё 35–36 млн. тонн (по 270 кг на каждого);
- неравномерность распределения по земному шару — источник нестабильности;
- угроза загрязнений среды и чрезвычайных ситуаций при транспортировке и хранении;
- потенциальная угроза аварий на АЭС со значительным выбросом радиоактивных веществ;
- возможность использования атомно-энергетических технологий для создания атомного оружия;
- изменение структуры земной коры вследствие добычи газа, нефти и угля с непредсказуемыми последствиями;
- большая потребность в воде.

## **1.2. Качественная оценка возобновляемых энергетических ресурсов (солнце, ветер, биомасса, гидроэнергетика, низкопотенциальное тепло)**

### **Преимущества:**

- неистощаемость;
- отсутствие дополнительной эмиссии углекислого газа;
- отсутствие вредных выбросов;
- сохранение теплового баланса планеты;



- доступность использования (солнце, ветер);
- возможность использования территорий для хозяйственных и энергетических целей (ветростанции, тепловые насосы, бесплотинные ГЭС);
- возможность использования территорий, не годящихся для хозяйственных целей (солнечные, ветровые установки и станции);
- незначительная потребность в воде (солнечные, ветровые электростанции).

**Недостатки:**

- низкая плотность энергии;
- необходимость использования концентраторов, т.е. устройств, позволяющих увеличить плотность солнечной энергии;
- непостоянный, вероятностный характер поступления энергии (солнце, ветер, в меньшей степени ГЭС);
- необходимость аккумуляирования и резервирования (солнечная, ветровая). Аккумуляторы могут частично или полностью выполнять роль резервных источников энергии. Но часто выгоднее иметь резервный источник энергии в виде бензо- или дизельгенераторов, обеспечивающих энергоснабжение при длительном отсутствии источника возобновляемой энергии, чем иметь аккумуляторную батарею большой мощности;
- неразвитость промышленности и отсутствие инфраструктуры (для России);
- затопление плодородных земель (большие ГЭС);
- локальное изменение климата (большие ГЭС);

Иногда утверждают: «Установки на основе ВИЭ не могут работать в сетях и приспособлены только для небольших автономных систем энергоснабжения». Действительно, недостатком ветроэнергетики и солнечной энергетики (но не технологий, использующих геотермальную, гидравлическую энергию и биомассу), является природная нестабильность. Этот факт необходимо учитывать при работе установок в сетях. Выводы зарубежных специалистов-сетевиков подтверждают, что проблемы в энергосистемах из-за нестабильности выдачи мощности ветроустановками и солнечных станций начинаются после достижения ими доли в 20–25% от общей установленной мощности системы. Для России это будет показатель, близкий к 50000–55000 МВт. При существующей в России мощности ветростанции в 13 МВт и вводе 1000 МВт в год, эта величина может быть достигнута через 50 лет. Так что для нашей страны эта проблема пока не актуальна.

В мире уже найдены варианты решения проблемы нестабильности. По данным испанских компаний «Гамеса» и «Уинвинд» точность прогнозов выдачи энергии ветростанцией при почасовом планировании на рынке на день вперед превышает сегодня 95%, что является очень высоким уровнем прогнозирования выдачи мощности началось бы от источника, выдача мощности от которого носит вероятностный характер. Зарубежная практика подтверждает, что правильное планирование развития сетей с учетом перспективы размещения станций на основе ВИЭ приводит к повышению их надежности и качества работы.

### **1.3. Оценка экологического влияния установок на базе ВИЭ**

В отличие от истощаемого органического топлива, возобновляемые источники энергии — неисчерпаемы, а процессы получения энергетической и тепловой энергии от ВИЭ значительно безопаснее с точки зрения экологии, чем от электростанций на органическом топливе.

Нередко приходится слышать, что возобновляемая энергетика не такая уж «чистая» и ей присущи свои экологические проблемы. Конечно, эти проблемы существуют, но их острота несоизмеримо мала по сравнению с проблемами от топливной и ядерной энергетики.

Влияние на среду обитания человека зависит от вида ВИЭ. Рассмотрим коротко эти технологии.

Геотермальная энергетика. В ранних проектах отработанная геотермальная вода выбрасывалась в ближайший водоем или речку и, если она содержала различные соли, в том числе и тяжелых металлов, происходило загрязнение водоёмов. Проблема снята обратной закачкой отработанной воды в пласт. Современные проекты геотермальных установок в обязательном порядке содержат обратную закачку.

Ветровая энергетика. Основным отрицательным воздействием на среду обитания человека является аэродинамический шум и угроза гибели птиц. В ранних конструкциях ветроустановок в частотном спектре шума возникли так называемые инфразвуковые колебания (3–15 Гц), отрицательно влияющие на живые организмы. Проблема преодолена еще в 80-х годах прошлого века путем выбора соответствующего профиля лопасти ротора ветроустановки и скорости его вращения (миф

об инфразвуке в России живет и процветает, причем не только в околонуучных, но и в научных кругах, не связанных с исследованиями возобновляемой энергетики). Сравнительные данные по звуку приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уровень шума (в дециБелах) от различных устройств

Взлет реактивного самолета	140–120 дБ
Пневматический перфоратор	100 дБ
Механическая обработка деталей	100 дБ
Шум у основания башни мощных ветроустановок	95–100 дБ
То же, на расстоянии 200 метров	40–45 дБ
Газонокосилка	90 дБ
Стереомызыка	90 дБ
Движение автомобилей на автостраде	70–80 дБ
Машинописное бюро	70 дБ
Офис	60 дБ
Столовая	50 дБ
Работа холодильника	40 дБ
Ночной шум	30 дБ
Шепот	20 дБ
Листопад	10 дБ

Как видно из приведенных данных, шум от ВЭУ на расстоянии 200 м, равен шуму холодильника на кухне.

Угроза гибели перелетных птиц от столкновения с ветроустановками существует, но она устраняется, если площадки для ветростанций будут выбираться в стороне от путей миграции перелетных птиц с учетом мнения орнитологов. Кстати их экспертиза является

обязательной для ветростанций во всём мире. Уместно сослаться на вывод исследования, проведенного американскими учеными по заказу Американской ветроэнергетической ассоциации: как бы интенсивно ни развивалась ветроэнергетика в будущем, гибель птиц от ветроустановок не превысит 1% от числа гибели птиц в результате человеческой деятельности: охота, домашние кошки, пестициды, линии электропередач, высотные здания, движение автомобилей по автострадам. Оценка приведена в табл. 2.

Таблица 2

Гибель птиц от разных причин в США (по данным [www.nationalwind.org](http://www.nationalwind.org); [www.bards.fws.gov/mortality-foct-sheet.pat](http://www.bards.fws.gov/mortality-foct-sheet.pat))

№ пп	Причина гибели	Число гибнущих птиц в год*
1.	Домашние кошки	1 млрд.
2.	Высотные здания	от 100 млн. до 1 млрд.
3.	Охотники	100 млн.
4.	Автомобили	от 60 млн. до 80 млн.
5.	Коммуникационные башни	от 10млн. до 40 млн.
6.	Пестициды	67 млн.
7.	Линии электропередач	от 10 тыс. до 174 млн.

\* Прим. редактора: Можно добавить, что на газовых факелах — пока неизбежных спутников добычи нефти, в год в мире погибают еще миллионы птиц.

Фотоэлектричество. Экологически вредным является производство кремния солнечного качества, по так называемой «хлорной» технологии, принятой большинством фирм, производящих кремний. В мире и в России разрабатываются бесхлорные технологии, так что в ближайшем будущем эта проблема снимается.

## 1.4. Экологические преимущества возобновляемой энергетики

Возобновляемая энергетика (без крупных ГЭС) предотвращает опасное изменение окружающей природной среды:

- при строительстве шахт и добыче открытым способом (уголь, уран), бурении (природный газ, нефть), прокладке трубопроводных систем (газ, нефть, продукты переработки нефти). Некоторые из этих изменений среды носят локальный характер, а некоторые — распространяются на многие сотни и тысячи километров;
- из-за загрязнения воздуха и воды: кислотные дожди, смог, тяжелые металлы, грязная вода при бурении скважин;
- вследствие глобального изменения климата из-за сжигания ископаемого топлива;
- из-за теплового загрязнения (сброс охлаждающей воды от атомных и тепловых электростанций);
- из-за загрязнения окружающей среды на стадии транспортирования и переработки угля и урана.

Энергоустановки на базе ВИЭ загрязняют ни воздух, ни воду, ни землю и не производят опасных отходов. Они не истощают природные ресурсы и не являются причиной загрязнения природы, имеющего место при добыче, переработке и транспортировке топлива. Свободная от загрязнений возобновляемая энергия может снизить ущерб окружающей среде, наносимый топливной энергетикой в России и во всех странах мира.

Диоксид серы и окислы азота вызывают кислотные дожди, которые наносят ущерб всему живому. Кислот-

ные дожди приводят к коррозии зданий, мостов и других сооружений. Окислы азота (которые образуются при сгорании природного газа) являются первичным компонентом для образования смога. Принято считать, что диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) — парниковый газ, вносит решающий вклад в глобальное изменение климата (препятствуя рассеянию тепла от нагретой Солнцем поверхности, превращает Землю в парник, теплицу). Выбросы парниковых газов, нарушая сложившийся газовый баланс и свойства атмосферы, приводят не только к росту средней температуры, но вызывает другие изменения погодных условий, в частности — засухи в одних местах и наводнения — в других. Выбросы АЭС огромного количества криптона-85 ведут к изменению электропроводности атмосферы и увеличению числа и интенсивности бурь, штормов, ураганов, тайфунов (Легасов и др., 1984).

Особое беспокойство вызывает влияние традиционной топливной энергетики на здоровье.

В настоящее время воздух с вредными веществами (а топливная энергетика остается главным из стационарных источников загрязнения воздуха в городах) вносит решающее влияние в заболевания астмой у детей в промышленно развитых и развивающихся странах. Городской смог связан с малым весом новорожденных, мертворожденными детьми и детской смертностью. В США исследованиями документально подтвержден этот эффект даже в городах с новейшими системами контроля загрязнений. Токсичные тяжелые металлы, всегда присутствующие в выбросах от сжигания угля и мазута, неизбежно включаются в экологические цепочки и оказываются в продуктах питания.

Это негативное влияние топливной энергетики в странах Европейского Союза породило предложения к включению дополнительной надбавки «social cost» (социальная стоимость или «внешние затраты») в тариф на электроэнергию от топливной энергетики. Эти дополнительные средства идут на компенсацию ущерба, причиняемого топливной энергетикой здоровью людей и имуществу, а по предварительным расчетам могут составлять от 1,5 до 4 центов США за кВт·ч. Разумеется, что электроэнергия, выработанная на базе ВИЭ, свободна от этого налога.

### 1.5. Количественная оценка предотвращения загрязнения окружающей среды при использовании ВИЭ

Имеющиеся данные позволяют количественно оценить масштабы предотвращения выбросов в атмосферу и сокращения потребления воды при использовании ВИЭ. Количественная оценка предотвращения вредных выбросов от тепловой энергетики благодаря выработке электроэнергии на базе ВИЭ может быть проведена по данным конкретной электростанции в зоне строительства или на основании данных в таблицах 3–5.

Таблица 3

**Средние удельные выбросы (грамм на каждый выработанный киловатт-час) газов от топливной энергетики в США. Источник: Институт энергетической стратегии.**

Газ	г/кВт*ч
Диоксид углерода, CO <sub>2</sub>	670
Диоксид серы, SO <sub>2</sub>	3,5
Окислы азота, NO <sub>x</sub>	2,1



Таблица 4

**Средние удельные выбросы (грамм на киловатт-час) загрязнений угольными электростанциями Дании. Источник: Институт энергетической стратегии.**

Загрязнитель	г/кВт*ч
Диоксид углерода, CO <sub>2</sub>	750–1250
Диоксид серы, SO <sub>2</sub>	5–8
Окислы азота, NO <sub>x</sub>	3–6
Шлак и летучая зола	40–70

Таблица 5

**Средние удельные выбросы (грамм на выработанный киловатт-час) при использовании разного топлива на электростанциях России. Источник: Институт энергетической стратегии.**

Загрязнитель	г/кВт*ч		
	Нефть с 1% серы	Уголь с 1% серы	Природный газ
Диоксид углерода, CO <sub>2</sub>	738	1142	547
Диоксид серы, SO <sub>2</sub>	4,7	1,4	Нет
Окислы азота, NO <sub>x</sub>	2,3	4,0	1,8
Зола и шлак	Нет	52	Нет
Летучая зола*	Нет	0,33	Нет

\* летучая зола — часть золы, уходящая в воздух с дымовыми газами.

Значения выбросов, указанные в табл. 5, следует использовать при оценке экологических преимуществ установок на базе ВИЭ, если известны конкретные данные топливных электростанций в зоне строительства установок на базе ВИЭ, а данные табл. 3 и 4 могут быть использованы при сооружении в России электростанции на базе зарубежного оборудования.

Таким образом, выработка 1 млн. кВт·ч электроэнергии на солнечных, ветровых, геотермальных и гидравлических станциях предотвращает вредные выбросы

при выработке такого же количества электроэнергии на электростанциях на угле в следующих объемах:

Углекислого газа — 750–1250 т., двуокиси серы — 5–8 т., окислов азота — 3–6 т., золы — 40–70 т., пыли — 270–470 кг.

Использование воды. Производство электрической и тепловой энергии топливными и атомными электростанциями требует значительных объемов воды для охлаждения конденсаторов в термодинамических циклах. Для угольных электростанций вода используется также для очистки и обработки топлива. С другой стороны, на ветро- и фото-электростанциях используется лишь небольшое количество воды для промывки лопастей и очистки фотопанелей. Средние удельные расходы воды разными электростанциями представлены в табл. 6.

Таблица 6.

**Средние удельные расходы воды (литры на выработанный киловатт-час) для разных тепловых и атомных электростанций (По данным Калифорнийской Энергетической Комиссии США)**

Вид электростанции	Расход воды, л/кВт
АЭС	2,3
ТЭС на угле	1,9
ТЭС на нефти и нефтепродуктах	1,6
Комбинированная газовая ТЭС	0,95
Ветровая ЭС	0,004
Фотоэлектрическая ЭС	0,11

Таким образом, потребление воды на ВЭС в 475 раз меньше чем на АЭС, около 400 меньше, чем на угольных станциях и 275 раз меньше, чем станциях на газе.

### **1.6. Роль ВИЭ в решении трёх глобальных проблем стоящих перед мировым сообществом**

К таковым проблемам относятся: экология, энергетика, продовольствие. Бессмысленно ранжировать эти проблемы — они составляют единое целое и затрагивают всех без исключения людей, страны и континенты. Оценка автора по поводу влияния различных ВИЭ на эти проблемы показаны в табл. 7.

В последнее время часто высказывается опасение, что переориентация части сельского хозяйства на производство биотоплива может привести к сокращению производства продуктов питания. Спекулянты разного рода не дремлют. Сразу после сообщения о намерении построить завод по производству биоэтанола, в ряде стран Европы Латинской Америки начали подниматься цены на хлеб, макароны и другие продукты питания на основе пшеницы и кукурузы.

Единственно правильный путь — разработка экологически чистой технологии получения этанола из лигно-целлюлозы (древесина, стебли и листья кукурузы и других растений).

Таблица 7

**Роль ВИЭ в решении трех глобальных проблем человечества**  
 (+ положительное влияние, – отрицательное влияние,  
 0 – отсутствие влияния)

№ п/п	Вид ресурсов или установок	Энергетика	Экология	Продовольствие
1	Ветроустановки	+	+	+ <sup>1)</sup>
2	Малые и микро ГЭС	+	+	+ <sup>2)</sup>
3	Солнечные тепловые установки	+	+	+ <sup>3)</sup>
4	Солнечные фотоэлектрические установки	+	+	+ <sup>4)</sup>
5	Геотермальные электрические станции	+	+/-	0
6	Геотермальные тепловые установки	+	+/-	+ <sup>5)</sup>
7	Биомасса. Сжигание твердых бытовых отходов	+	+/-	0
8	Биомасса. Сжигание сельскохозяйственных отходов, отходов лесозаготовок и лесопереработок	+	0	+ <sup>6)</sup>
9	Биомасса. Биоэнергетическая переработка отходов	+	+	+ <sup>7)</sup>
10	Биомасса. Газификация	+	+	0
11	Биомасса. Получение жидкого топлива	+	+	0
12	Установки по утилизации низкопотенциального тепла	+	+	0

Прим.:

- 1) Водоподъемные установки на пастбищах и в удаленных населенных пунктах
- 2) Орошение земель на базе малых водохранилищ, водоподъемные устройства таранного типа
- 3) Установки для сушки сена, зерна, сельхозпродуктов, фруктов
- 4) Водоподъемные системы, питание охранных устройств на пастбищах
- 5) Обогрев теплиц геотермальными водами
- 6) Использование золы в качестве удобрения
- 7) Получение экологически чистых удобрений в результате сбраживания отходов

---

## **Глава 2. Доля ВИЭ в энергобалансе сегодня и завтра**

---

### **2.1. Динамика доли различных энергоресурсов в мировом энергобалансе за период 1971–2004 гг.**

Различаются два вида энергобалансов: по потреблению первичной энергии и по производству электрической энергии. В этих балансах обозначается доля различных энергоносителей и видов энергии.

Для оценки доли в первичной энергии принимается условное эквивалентное топливо, к которому приводятся реальные топлива через соответствующие коэффициенты. За рубежом принят нефтяной эквивалент (тонн н.э., тепловая способность 10000 ккал/кг), в России принят угольный эквивалент (тонн у.т., 7000 ккал/кг).

Представляет интерес динамика доли различных видов энергоресурсов в производстве первичной и электрической энергии в мире за последние несколько десятилетий. За период 1971–2004 гг. производство первичной энергии увеличилось почти в два раза: с 5672 до 11213 млн. тонн в нефтяном эквиваленте. При этом, доли различных видов энергии менялись: доля угля уменьшилась с 25,37% до 24,52%; нефти и газового конденсата — уменьшилась с 44,9% до 35,28%; природного газа — увеличилась с 15,93% до 20,69%; всего доля ископаемого углеводородного топлива уменьшилась с 86,13% до 80,45%; атомной энергии — увеличилось с 0,51% до 6,37%; гидроэнергии — увеличилось с 1,83% до 2,17%; доля других возобновляемых источников энергии на протяжении более 30 лет осталось практически

неизменной (около 11%), а вместе с ГЭС в 2004 г. эта доля составила 13,14%. Источник: IEA, Energy balances of non — OECD countries, 1999–2000, 2002, 2005 Edition.

В производстве электроэнергии в мире доля ГЭС и АЭС не искажены пересчетными коэффициентами и изменение доли энергоресурсов за период 1971–2004 гг. имеет следующий вид: доля угля немного уменьшилось, с 40,04% до 39,8%, нефти — уменьшилась существенно с 20,89% до 6,71%; природного газа — увеличилась с 13,27% до 19,59%, АЭС — существенно увеличилась с 2,12% до 15,69%, ГЭС — уменьшилась с 23% до 16,09%, ВИЭ — увеличилась с 0,68% до 2,18%. При этом общее производство электрической энергии за 30 лет увеличилось в 3,3 раза, — с 5244,5 ТВт·ч до 17449,8 ТВт·ч.

Темпы увеличения доли ВИЭ в производстве первичной энергии и электрической энергии существенно увеличилась за последние 5 лет (табл.8).

Таблица 8

**Использование ВИЭ в мире, на континентах и в некоторых странах в 2004 г. Источник: IEA, Energy balances of non — OECD countries, 1999–2000, 2002, 2005 Edition.**

	Потребление первичной энергии, млн. т н.э.	Из них ВИЭ, млн. т н.э.	% ВИЭ в потребляе- мой первичной энергии,	% основных категорий		
				Гидро	Геотерм., солн., ветр., волн.	Сжигае- мые ВИЭ и отходы
Африка	586	287,1	49	2,6	0,4	97
Латинская Америка	485,5	140,2	28,9	36,1	1,4	62,4
Азия	1289,4	410,5	31,8	4	3,6	92,4
Китай	1626,5	251	15,4	12,1	0	87,9
Европейские страны вне ОЕСД	104,3	11,1	10,6	43,2	2,5	54,3
Бывший СССР	979,3	29,8	3	71,4	1,2	27,3
Ближний Восток	479,8	3,3	0,7	43,4	24,4	32,2
ОЕСД	5507,9	315	5,7	34,6	12	53,4
Мир	11058,6	1447,9	13,1	16,7	4	79,4

Как видим, при общих 13% ВИЭ в мире, в Африке они составили 49%, Латинской Америке около 29%, Азии около 32%. Эта доля определяется, в основном, использованием биомассы (прямое сжигание).

В 2005 г. во многих странах мира доля ВИЭ в производстве первичной энергии превысила десять процентов, в т.ч.: в Исландии (74,1%), Норвегии (43,2%), Новой Зеландии (29,1%), Швеции (27,0%), Финляндии (22,6%), Австралии (20,7%), Канаде (16,4%), Дании (14,7%), Швейцарии (14,9%), Португалии (12,7%), Турции (11,8%).

В 2005 году к странам OECD, в которых доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии, включая ГЭС, превышает десять процентов относятся: Исландия (100%), Норвегия (95,5%), Новая Зеландия (65,4%), Австрия (63,4%), Канада (60,3%), Швейцария (55,8%), Швеция (50,9%), Финляндия (32,8%), Дания (24,8%), Турция (24,6%), Италия (15,2%), Португалия (17,9%), Мексика (16,0%), Словацкая Республика (15,4%), Испания (17,0%), Германия (10,1%), Греция (10,0%). Для сведения: США — 8,4%, Великобритания — 3,8%,

Показателем использования ветровая и солнечной видов ВИЭ является доля ВИЭ в производстве электрической энергии без учета гидростанций. В 2005 г. она составила: Дания (24,2% — в основном, ветровая энергия и биомасса), Исландия (17,2%), Финляндия (12,3%), Новая Зеландия (8,7%), Испания (7,9% — в основном, ветровая энергия), Германия (5,8%), Португалия (5,5%), Швеция (5,3%), Нидерланды (5,2%), Австрия (4,6%), Великобритания (2,3%), США (2,1%).

## 2.2. Перспективы увеличения доли ВИЭ

Сейчас, когда устойчивое развитие мировой экономики определяется обеспеченностью энергоресурсами, аналитики всего мира строят прогнозы на 2030–2050 годы. В 2006 году Международное энергетическое агентство (IEA) выпустило работу “Energy technology perspectives” (Scenarios and Strategies to 2050), в которой приведены шесть сценариев ускоренного развития технологий электроэнергетики мира до 2050 года, отличающиеся различной долей истощаемых и возобновляемых энергоресурсов и базовый сценарий (если развитие пойдет так, как идет сейчас). Для нас существенно, что доля ВИЭ, включая ГЭС, в 2050 год по этому прогнозу по различным сценариям будет составлять от 23 до 35%.

С этими сценариями не согласны специалисты в области возобновляемых источников энергии и прежде всего ветроэнергетики, как и автор этих строк.

В планах Европейского Союза — достичь доли ВИЭ 20% в производстве первичной энергии к 2020 году. Европейский совет по возобновляемой энергетике разработал прогноз развития ВИЭ до 2040 года, по которому доля ВИЭ (с учетом крупных ГЭС) в мировом производстве первичной энергии составит в 2010 г. — 16,6% или 1773 млн. т н.э.; в 2020 — 23,6% или 2690 млн. т н.э.; 2030 — 34,7% или 4338 млн. т н.э.; 2040 г. 47,7% или 6678 млн. т н.э.

Как видим по этому прогнозу доля ВИЭ в 35% будет достигнута в 2030, а не в 2050 году, как это полагают специалисты IEA. Что говорит в пользу реальности этого прогноза? Прежде всего темпы роста мощности, которые приняты в прогнозе.



По разным десятилетиям темпы роста мощности к предыдущему году составляют: для биомассы от 2 до 3,3%, крупных ГЭС — 1–2%, малых ГЭС — 6–8%; геотермальных станций — 4–8%; солнечных нагревательных установок — 10–16%. Для ветроустановок и фотоэлектрических установок темпы роста мощности до 2020 г. приняты, соответственно, в 20–30% и 25–30%. Фактические темпы роста в 2000–2006 гг. превосходят даже эти высокие темпы. Так, по фотоэлектричеству они составляют 35–50%, а по ветроэнергетике среднегодовые темпы составляют 53% по отношению к 2000 г.

По ветроэнергетике существует программа “Wind Force 10”, разработанная European Wind Association (Европейская ветроэнергетическая ассоциация), Forum for Energy and Development Denmark (Форум энергетики и развития Дании), Greenpeace International (Международный Гринпис) предусматривающая достижение к 2020 г. доли ветроэнергетики в объеме 10% от производства электроэнергии, вырабатываемой в мире. Эта программа успешно перевыполняется. Так, в 2006 г. по этой программе общая установленная мощность ветроустановок должна была составить 66929 МВт, фактически она достигла 74282 МВт. Ветроэнергетика стала существенной частью энергетики многих стран. Лидерами развития ветроэнергетики на конец 2006 г. по установленной мощности ВЭС являются Германия (20622 МВт), Испания (11615 МВт), США (11603 МВт), Индия (6270 МВт) и Дания (3136 МВт).

В 2006 г. уже в тринадцати странах установленная мощность ВЭУ превысила 1000 МВт. Помимо указанных выше, к ним относятся: Италия (2123 МВт), Китай (2064 МВт), Великобритания (1923 МВт), Португалия

(1716 МВт), Франция (1567 МВт), Нидерланды (1560 МВт), Канада (1459 МВт), Япония (1394 МВт). Динамика роста в 1995–2006 гг. установленной мощности ВЭУ показана на рис. 11., а годовой ввод мощности на рис. 12

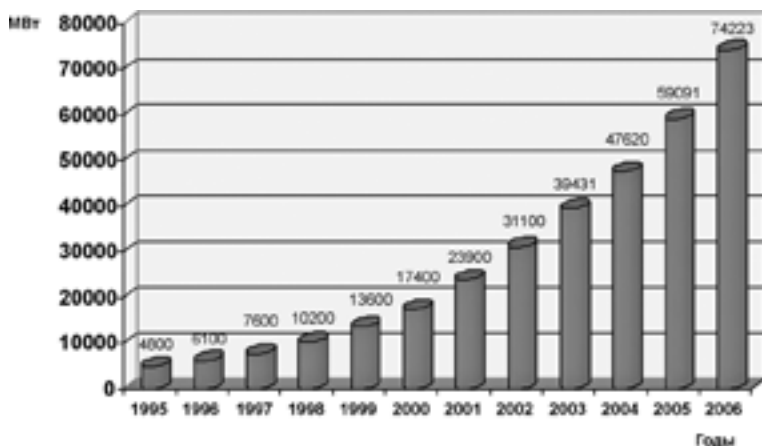


Рис 11. Установленная мощность ВЭУ в мире в 1995–2006 годах

Источник: GWEC — Global Wind Energy Council, press-reliase, Global Market Annual Statistics, 2006, pdf.

В 2006 г. годовой ввод ВЭУ достиг внушительной цифры — свыше 15 ГВт. В табл. 9 перечислены страны — лидеры по годовому вводу мощности ВЭУ. Отметим, что после временного спада развития ветроэнергетики в 2000–2004 гг. США снова вышли в лидеры ветроэнергетики.

Таблица 9

**Страны-лидеры по вводу мощностей ветроэнергетики в 2006 г.**  
 Источник: GWEC — Global Wind Energy Council, press-reliae, Global Market Annual Statistics, 2006, pdf.

Страна	Мощность, МВт	Доля в мире, %
США	2454	16,1
Германия	2233	14,7
Индия	1840	12,1
Испания	1587	10,4
Китай	1347	8,9
Франция	810	5,3
Канада	776	5,1
Португалия	694	4,6
Великобритания	634	4,2
Италия	417	2,7
Остальной мир	2405	15,8
Мир, всего	15197	100

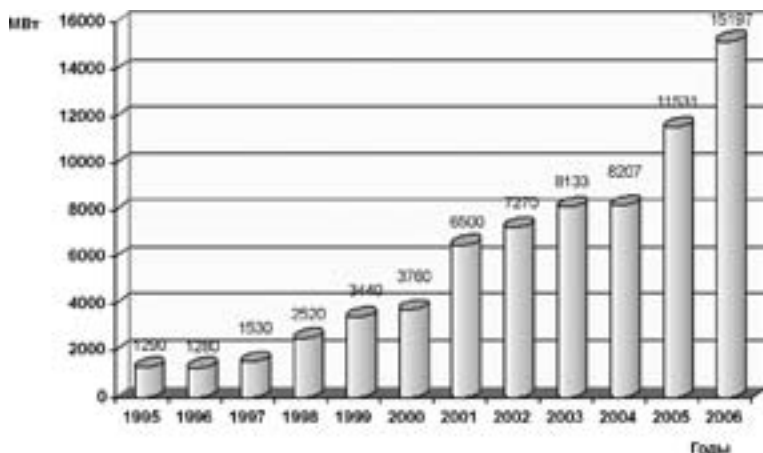


Рис 12. Годовой ввод мощностей ВЭУ в мире в 1995–2006

гг. Источник:

GWEC — Global Wind Energy Council, press-reliae, Global Market Annual Statistics, 2006, pdf.

Противники ветроэнергетики иногда говорят о низком коэффициенте использования мощности ВЭУ. Для любого вида электростанций эффективность их работы оценивается так называемым коэффициентом использования установленной мощности (Киум). Это есть отношение фактической годовой выработки генерирующего устройства к максимально возможной. Другими словами этот коэффициент можно представить следующим образом:

$$\text{Коэффициент использования установленной мощности} = \frac{\text{Действительная выработка электроэнергии за данный период времени}}{\text{Энергия, которая может быть выработана, если генератор будет работать со 100\%-ной мощностью весь данный период времени}}$$

Современные ВЭУ, подключенные к энергосистеме, работают с коэффициентом использования установленной мощности от 0,15 до 0,30.

Электростанции на невозобновляемых источниках энергии работают с коэффициентом от 0,4 до 0,8. Например, в 2005 году коэффициент использования установленной мощности всех электростанций России составил 0,5.

Коэффициент использования установленной мощности любого генерирующего источника зависит:

- от его надежности, т.е. как часто требуется его останавливать, устранять неисправности или проводить ремонтные работы и сколько на это потребуется времени. И чем больше требуется остановок, и чем они продолжительнее, тем меньше упомянутый выше коэффициент;
- от графика нагрузки, т.е. требуемой потребителем мощности, которая может меняться в течение суток,

месяца и года от нуля до максимального значения, причем максимальная мощность требуется обычно в течение нескольких часов.

У ветроустановок этот коэффициент ещё зависит от наличия ветра и его скорости. Вот почему коэффициент использования установленной мощности ветроустановок существенно меньше, чем у других генераторов, хотя некоторые ветроустановки в хороших ветровых условиях работают с  $K_{\text{иум}} = 0,5$ .

Как видно из табл.10, средний  $K_{\text{иум}}$  ВЭС в мире равенется 23%, что это в 2,2 раза ниже среднего  $K_{\text{иум}}$  электростанций России (50%), но выше, чем  $K_{\text{иум}}$  дизельных электростанций России (18%).

Таблица 10

Некоторые эксплуатационные показатели ветроэнергетики в 2000 г. (World Market Update 2000, BTM Consult Abs – спец. Выпуск).

Страна	Установленная мощность на конец 2000 г., МВт	Производство электроэнергии, млрд. кВт*ч	Использование установленной мощности, час	$K_{\text{иум}}, \%$
Германия	2610	5,22	2000	23
Испания	2832	5,95	2100	24
США	2610	5,22	2000	23
Дания	2341	5,27	2250	26
Индия	1222	2,10	1800	20
Нидерланды	473	0,99	2100	24
Великобритания	425	1,22	2880	32
Италия	424	0,85	2000	23
Китай	352	0,74	2100	24
Греция	274	0,69	2500	29
Швеция	265	0,56	2100	24
Остальной мир	1108	2,22	2000	23
Итого	18433	37,29	2023	23

Ветроэнергетика стала реальной и заметной отраслью электроэнергетики и есть все основания ожидать, что её доля в производстве электроэнергии достигнет 10% к 2020 году. К сожалению, Россия в этом мировом развитии занимает далеко не лидирующее положение — всего 13 МВт установленной мощности.

Фотоэнергетика в «большой» энергетике пока играет весьма скромную роль. Однако, она начинает завоёвывать первенство в электроснабжении автономных потребителей.

При среднем КПД солнечных батарей 13–15%, темпы увеличения производства фотоэлектрических элементов и модулей (самой дорогой части оборудования) за 2001–2006 гг. опрокинули все прогнозы и составили 40–50% к предыдущему году (табл. 11).

Дополнительную уверенность в дальнейшем успешном развитии фотоэнергетики придает тот факт, что среди крупнейших фирм — производителей фотоэлектрических элементов и модулей находятся представители нефтяных фирм — гигантов: BP Solar (2–3 место в мире) и Shell Solar (4–6 место в мире), которые также успешно участвует в развитии ветроэнергетики.

Оценка состояния и ближайшей перспективы (на 2010 г.) использования ВИЭ в мире представлена в табл. 12.

Но вернемся к перспективе использования ВИЭ.

Автором в 2001–2002 гг. была проведена оценка установленной мощности на базе различных видов ВИЭ в 2000 году и на ближайшую перспективу (2010 г.). В настоящее время появилась возможность проследить выполнение этого прогноза (табл. 12). Сомнение, что прогноз будет осуществлён, не возникает. Ясно, что

Таблица 11

Производство фотоэлектрических элементов/модулей в мире, МВт/год (PV News, 2003, vol. 22, № 3;  
Renewable Energy World, July-August 2007).

Регион	Годы										
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Япония	16,5	16,4	21,2	35,0	49,0	80,8	128,6	171,22	151,07	363,0	602,0
Европа	21,7	20,1	18,8	30,4	33,5	40,0	60,66	86,38	135,06	210,35	314,4
Остальной мир	5,6	6,35	9,75	9,4	18,7	20,5	23,42	40,6	55,3	83,8	140,0
Всего	69,4	77,6	88,6	125,8	154,9	201,3	287,65	398,03	560,3	760,17	1195,1
Рост к предыдущему году, % / МВт		11,7/ 8,16	14,8/ 11,0	42/ 37,2	23,1/ 29,1	30,0/ 46,4	43,0/ 86,35	38,4/ 110,4	40,7/ 162,01	35,7/ 200,14	57,2/ 434,95
Нарастающим итогом	358,4	436	524,6	650,4	805,3	1006,6	1294,2	1692,2	2252,5	3012,3	4207,5

Таблица 12

Состояние и ближайшие перспективы увеличения установленной мощности ВИЭ в мире

Вид оборудования или технологии		Годы		
		2000 факт	2010	2005 **
I. Общая установленная мощность по производству электроэнергии ГВт (эл.)				
1.	Фотоэлектричество *	0,938 (0,26)	9,2 (1,7)	2,5
2.	Ветроустановки, подключённые к сети	18	74	59
3.	Малые ГЭС	70	175	66
4.	Электростанции на биомассе	30	90	44
5.	Солнечные термодинамические станции	0,4	10	0,4
6.	Геотермальные электростанции	I	7,97	20,7
		II	32,25	9,3
ИТОГО		127	378,9- 390,45	184,3
II. Общая установленная мощность по производству тепла ГВт (тепл.)				
1.	Геотермальные тепловые станции и установки ГВт (тепл.)	I	44,55	28
		II	17,174	69
2.	Солнечные коллекторы и системы млн.м²	ГВт (тепл.)	13	55
		млн.м²	70	300
3.	Теплоцентрали и котельные на биомассе	ГВт (тепл.)	200	400
ИТОГО		230	399-424	341

\* В скобках указан годовой ввод новой мощности

\*\* Источники: Renewable energy focus, Juby/August 2007, Renewables 2005, Global Status Report.



по ветру прогноз будет превзойдён, т.к. установленная мощность ВЭУ на конец 2006 г. составила 74,2 ГВт. Также будет превзойден прогноз по фото электричеству. Наблюдается расхождение с прогнозом лишь по малым ГЭС. Оно объясняется тем, что в странах Европы к малым относятся ГЭС мощностью до 10 МВт, в Индии — до 15 МВт, Китае — до 20 МВт, а в России — до 30 МВт. Если принять одинаковую мощность малых ГЭС для всех стран, то мы получим данные, совпадающие с табл. 12.

Итак, прогнозные темпы развития возобновляемой энергетики в мире подтверждаются документально. И этот факт необходимо учитывать энергетикам и политикам России.

### **2.3. О необходимости перехода на возобновляемую энергетику**

Есть еще одно, глобальное преимущество возобновляемой энергетики, которое можно отразить, сравнивая электрический вход и выход от электростанции. Для любой энергетической станции или установки следует сравнивать выработанную за весь срок службы энергию с энергией затраченной на производство оборудования и материалов для неё, на сооружение и транспортировку, плюс энергия топлива, потребляемого самой электростанцией в процессе эксплуатации.

Это отношение может быть выражено через коэффициент энергетической эффективности (по аналогии с повсеместно используемым коэффициентом экономической эффективности). Но если коэффициент экономической эффективности (срок окупаемости и все эко-

номические показатели) зависят от меняющихся цен на все составляющие, стоимости объекта и цены на электроэнергию, то коэффициент энергетической эффективности не подвержен конъюнктуре.

Этот коэффициент определяется следующим образом.

Берём любую энергоустановку, вырабатывающую электрическую и/или тепловую энергию. Определяем сколько она выдает энергии за свой срок службы. Это наш энергетический «доход». Затем определяем, сколько энергии ушло на её содержание. При этом необходимо учесть затраченную энергию на производство оборудования и материалов, начиная от «руды» и до конечного изделия; плюс энергия, затраченная в процессе строительства; плюс расход энергии на транспорт; плюс расход энергии на собственные нужды и плюс, это самое главное, энергия, заключенная в топливе. Всё это вместе взятое — наш энергетический расход. Делим «доходы» на «расходы» получаем «коэффициент энергетической эффективности» (КЭн.эф).

При таком подходе обнаруживается глобальное преимущество возобновляемой энергетики перед топливной: поскольку для установок на базе ВИЭ затраты на топливо отсутствуют, то существует принципиальная возможность, проверенная неоднократно расчетами, иметь  $\text{КЭн.эф} > 1$ , т. е. превышение «доходов над расходами».

Тогда, как для тепловых электростанций принципиально невозможно иметь КЭн.эф больше, чем КПД или КПИ этой станции, т.е. заведомо меньше единицы. Поэтому для конденсационных и атомных электростанций на тепловых нейтронах  $\text{КЭн.эф} < \text{КПД} < 1$ , для теп-

лоцентральной  $K_{\text{эн.эф}} < K_{\text{ПИ}} < 1$  ( $K_{\text{ПИ}}$  — коэффициент полезного использования топлива).

Важность этого вывода состоит в следующем:

Во-первых, если энергетическая установка за свой срок службы «съедает» больше энергии, чем производит, то неизбежный конец этого положения — энергетический кризис при любом количестве запасов;

Во-вторых, превышение энергетических затрат над выходной энергией неизбежно приводит к увеличению экономических, материальных затрат и человеческого труда. Соответственно возрастает и отрицательное воздействие на среду обитания человека.

И наоборот, при превышении выхода энергии над входом, что имеет место при использовании ВИЭ, открывает перспективы бескризисного развития человечества и в конечном счете снижения всех видов затрат на поддержание жизнеобеспечения.

Если переход на ВИЭ в перспективе неизбежен, то возникает вопрос: «А способно ли ВИЭ удовлетворить потребность человечества?», Да, способны! Ученые Сибирского отделения РАН [2] определили экономический потенциал ВИЭ в мире в объеме 19,5 млрд. тонн условного топлива (т у.т.) в год.

Годовое потребление первичной энергии в мире в 2004 году составило 16 млрд. т у.т. Как видим экономический потенциал ВИЭ превышает годовое потребление первичной энергии.

При этом следует помнить, что нефть, уголь, газ сжигаются безвозвратно и отравляют жизнь на планете, а возобновляемыми, экологически чистыми, источниками энергии (в объеме 19,5 млрд. т у.т. — превосходящем все современное потребление первичной энергии)

человечество располагает ежегодно, и эта величина будет неуклонно возрастать с увеличением стоимости ископаемого органического топлива и совершенствования технологий возобновляемой энергетики.

---

## **Глава 3. Экономика возобновляемой энергетики**

---

### **3.1. Традиционные экономические оценки возобновляемой энергетики**

Не последнюю роль в пренебрежительном отношении к ВИЭ играют мифы; наиболее устойчивый из них звучит примерно так.

«Оборудование ВИЭ дорого, иначе зачем нужна государственная поддержка?»

Давайте сравним. Атомный энергоблок мощностью 1000 МВт требует капитальных вложений порядка \$ 2,5 млрд. и минимум 7 лет строительства. Плюс три-пять лет на изыскания и разработку проекта. В результате, «атомный» киловатт установленной мощности стоит около \$ 2000–2500 без стоимости обращения с отработавшим ядерным топливом, которое будет опасным на протяжении сотен лет. Данные по российским тепловым станциям: Северо-Западная ТЭЦ в Санкт-Петербурге — \$ 1500 за 1 кВт установленной мощности, Сочинская ТЭЦ — \$ 2500, Белгородская ТЭЦ «Луч» — 1200\$ (везде — современное оборудование с использованием парогазового цикла).

Удельные затраты на 1 кВт установленной мощности сетевых ветроустановок в Европе составляет около \$ 1200 на суше и около \$ 1800 — в море. Ветростанция мощностью 200 МВт строится год — полтора, начиная со времени заключения контракта. А предварительные изыскания длятся около года — главным

образом, это сооружение метеомачты на площадке для измерения скорости ветра в течение года.

Строительство ГЭС обходится в мире от \$ 800 до \$ 1200 за 1 кВт установленной мощности в зависимости от сложности устройства водохранилища. Наиболее дорогим — \$ 8–10 тыс. за 1 кВт установленной мощности является фотоэлектрические установки. Парадоксально, но именно эта отрасль энергетики развивается наиболее быстрыми темпами. За период 2000–2004 гг. среднегодовые темпы роста производства фотоэлектрических модулей составили 50%.

Но главное не это, а то, что себестоимость производства энергии на фото- и ветроустановках неуклонно снижается, а на электростанциях на органическом топливе и АЭС — растет!

Поясним сказанное конкретными данными.

На рис. 13 показана динамика изменения удельной стоимости установленной мощности на ВЭС за рубежом за период 1980–2006 гг. Видно, что за 15 лет стоимость снизилась в 3,3–3,6 раза (с 4000 до 1100–1200 \$ /кВт). В последние два-три года в связи с резко возросшим спросом на ВЭУ и падением курса доллара цены несколько поднялись. Однако есть основание надеяться, что это явление временное и появившиеся спекулятивные моменты исчезнут к 2010 году (в т.ч. за счет расширения производства ВЭУ). Очень важно, что за период 1980–2006 гг. себестоимость производства электроэнергии на ВЭС снизилась в 6,7 раза — с 30 до 4,5 центов США/кВт·ч (рис. 13).

Вероятнее всего на снижение себестоимости сказался уровень автоматизации: работа ВЭУ автоматизирована на 100%, в том числе старт и включение в сеть, и

отключение от сети (при снижении скорости ветра до стартовой скорости). На ВЭУ нет также привычного для традиционных станций круглосуточного дежурного персонала.

Не менее впечатляющие снижения произошли с удельной стоимостью мощности фотоэлектрических модулей. Здесь имеется возможность проследить тенденцию начиная с 1950 г. (табл. 13).

Таблица 13

**Изменение средней удельной стоимости мощности фотоэлектрических модулей. Источник: Институт энергетической стратегии.**

Годы	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2006
Удельная стоимость, \$/Вт	1000	500	100	20	10	6	5	4

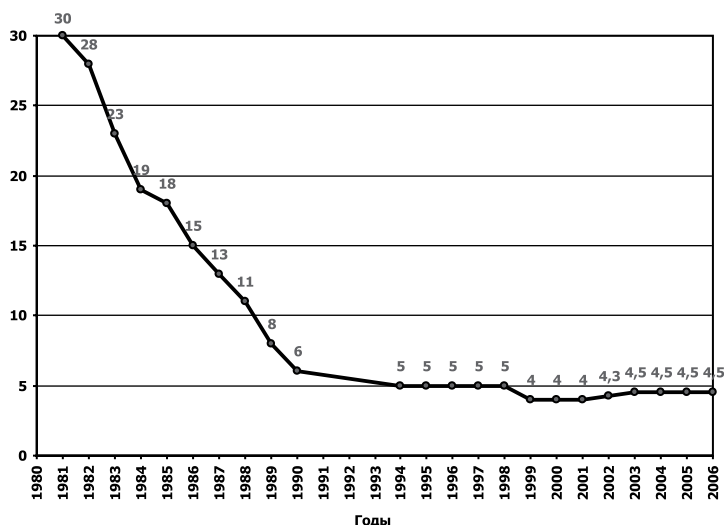


Рис. 13. Изменение себестоимости электроэнергии сетевых ВЭС за рубежом (усредненные данные, цент США/кВт·ч)  
Источник: Институт энергетической стратегии.

Как видно из данных табл. 13, удельная стоимость мощности фотоэлектрических модулей за 55 лет снизилась в 250 раз!

Указанная в табл. 13 удельная стоимость мощности модулей — это средние значения. На самом деле она колеблется в довольно широких пределах.

Основная масса фотоэлементов для наземной энергетики изготавливается из кремния, поэтому здесь и далее пойдет речь о фотоэлементах на базе кремния «солнечного» качества, т.е. достаточно очищенного от примесей (чистота 99,99%). Наиболее дорогие — монокристаллические элементы, затем по стоимости идут поликристаллические, и, наконец, — модули на базе аморфного кремния или «гибкие ленты», удельная стоимость мощности которых в 2005–2007 гг. находится в

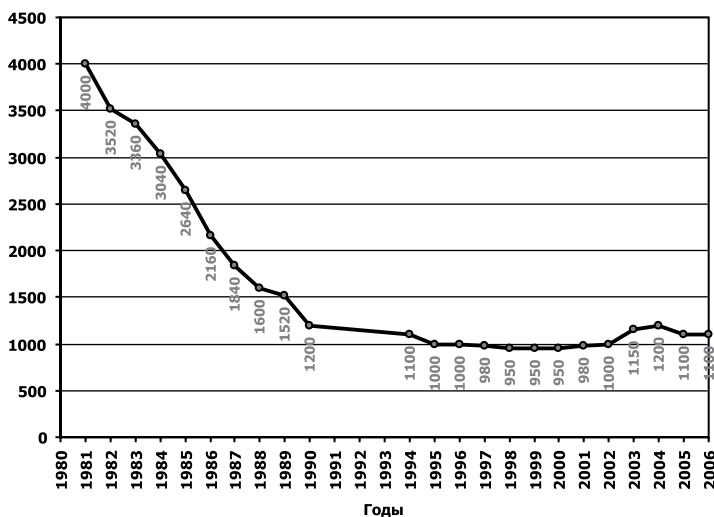


Рис. 14. Изменение средней удельной стоимости установленной мощности сетевых ВЭС за рубежом, \$/кВт.

Источник: Институт энергетической стратегии.



пределах 2–3 \$/Вт. В фотоэлектрической установке (или батарее) кроме фотомодулей ещё имеются преобразователи тока, зарядные устройства, коммутационные и защитные аппараты. Поэтому удельная стоимость установки батареи в 2–3 раза превышает удельную стоимость мощности модулей.

Удельная стоимость фотоэлектрической установки (батареи) снижается по мере увеличения мощности. Ориентиром могут служить следующие данные: удельная стоимость автономных фотоэлектрических установок мощностью до 1 кВт составляет порядка 5000–6000 \$/кВт; удельная стоимость подключенной к сети общего пользования установки мощностью 5–20 кВт — 4000–5000 \$/кВт; станции мощностью 2–10 МВт — 3000–4000 \$/кВт. А это уже близко к стоимости атомных электростанций. Дальнейшее снижение удельной стоимости связывают с повышением КПД модулей. От промышленно достигнутого КПД 15% в ближайшие годы реален переход к КПД 20%; это снизит стоимость установки на 30% (т.е. до 2000–3000 \$/кВт).

Себестоимость электроэнергии от фотоэлектрических установок в настоящее время за рубежом находится, по одним данным, в диапазоне 0,25–1,6 \$/кВт\*ч ((Renewable Energy Focus, July/August 2007), по другим несколько меньше — 0,16–0,6 \$/кВт\*ч (IEA).

Перейдем к стоимостным оценкам солнечных водонагревательных систем.

Общая площадь солнечных коллекторов, на базе которых создаются системы солнечного горячего водоснабжения в мире в 2007 г. достигнет, вероятно, 200 млн. м<sup>2</sup>, в том числе в Европе — более 20 млн. м<sup>2</sup>. Эти системы широко распространены среди индивидуаль-

ных домовладельцев и в коммунальных и общественных зданиях.

Технико-экономические данные всех видов существующих систем солнечных коллекторов в Германии в 2000 г. приведены в табл.14.

Таблица 14

**Средние технико-экономические показатели установок на базе солнечных коллекторов в Германии в 2000 г. (Frithjof Staiß Jahrbuch Erneuerbare Tnergirn, Auflage 2000).**

	Самые малые	Малые	Большие	Большие с сезонным аккумулированием
Площадь, м <sup>2</sup>	5	50	200	2000
Удельная производительность, кВт·ч/м <sup>2</sup>	380	380	400	300
Производство тепла, кВт·ч/год	1900	19000	80000	600000
Стоимость, DM	9000	52500	160000	2800000
Удельная стоимость *, DM/м <sup>2</sup> (\$/м <sup>2</sup> )	1800 (856)	1050 (500)	800 (381)	1400 (666)
Срок службы, лет	20	20	20	20
Процент дохода в год, %	6	6	6	6
Удельные капитальные издержки, DM/м <sup>2</sup> ·год (\$/м <sup>2</sup> ·год)	156 (74) 8,7%	92 (44) 8,76%	70 (33) 8,75%	122 (58) 8,71
Эксплуатационные издержки (1,5% от кап. влож.), DM/год (\$/год)	135 (64)	788 (375)	2400 (1142)	42000 (19981)
Удельные издержки, DM/м <sup>2</sup> · (\$/м <sup>2</sup> )	27 (13)	16 (7)	12 (6)	21 (10)
Стоимость тепловой энергии, DM/ кВт·ч (\$/кВт·ч)	0,48 (0,23)	0,28 (0,13)	0,20 (0,10)	0,47 (0,22)

\* включая стоимость бака-аккумулятора, запорной арматуры и трубопроводов. Диапазон удельной стоимости собственно солнечных коллекторов составляет от 200 до 900 \$/м<sup>2</sup>.

В странах Северного полушария, расположенных южнее Германии, стоимостные показатели будут на 10–15% дешевле (в связи с большим удельным значением прихода солнечной энергии).

Стоимостные показатели по всем видам ВИЭ за рубежом на 2005 г. и перспективы их изменения представлены в табл. 15.

В заключение этого раздела интересно рассмотреть экономический механизм внедрения возобновляемой энергетики в Германии и других странах Западной Европы. Он предельно прост — тарифное стимулирование. В Германии любому лицу при включении в энергосистему электрического генератора, работающего на возобновляемых источниках энергии предоставляются налоговые льготы и дешевые кредиты на покупку оборудования, использующего ВИЭ и его монтаж. Средства для стимулирования развития рынка ВИЭ берутся из управляемого государством специального фонда, формируемого за счет отчислений от тарифов на электроэнергию и продажи зеленых сертификатов.

О том, как формируются упомянутые выше фонды ясно видно из табл. 16, где показаны составляющие тарифа для населения на электроэнергию в Германии.

Эффективность тарифного стимулирования очень высока. В Германии введение тарифного регулирования в 2000 г. привело к увеличению годового объема производства, продаж и использования солнечных фотоэлектрических систем почти в 20 раз с 12 МВт в 1999 году до 200 МВт в 2004 году. В Люксембурге рост составил за 2 года в 25 раз со 100 кВт в 2001 году до 2500 кВт в 2003 году. Во Франции рост с 1,8 МВт в 2002 году до 3,4 МВт в 2003 году, государство при этом не затрати-

Таблица 15

Экономические показатели технологий ВИЭ и прогноз их изменения (Renewable Energy Focus July/August-2007)

	Мощность в 2005 г.	Капитальные затраты, \$/кВт	Стоимость энергии, центы США/ кВт·ч	
			2005 г.	2020 г.
Энергия биомассы				
Производство электроэнергии	~ 44 ГВт	500-600	3-12 с/кВт·ч	3-10 с/кВт·ч
Производство тепла	~ 225 ГВт (тепл.)	170-1000 (тепл.)	1-6 с/кВт·ч	1-5 с/кВт·ч
Этанол	~ 36 млрд. литр.	170-350 (тепл.)	25-75 с/литр	6-10 \$/ГДж
Биодизель	3,5 млрд. литр.	500-1000 (тепл.)	25-85 с/литр	10-15 \$/ГДж
Энергия ветра				
	59 ГВт	850-1700	4-8 с/кВт·ч	3-8 с/кВт·ч
Солнечная энергия				
Фотоэлектричество	5,6 ГВт	5000-10 000	25-160 с/кВт·ч	5-25 с/кВт·ч
Термодинамические станции	0,4 ГВт	2500-6000	12-34 с/кВт·ч	4-20 с/кВт·ч
Тепло		300-1700 (тепл.)	2-25 с/кВт·ч (тепл.)	2-10 с/кВт·ч (тепл.)
Геотермальная энергия				
Электроэнергия	9 ГВт	800-3000	2-10 с/кВт·ч	1-8 с/кВт·ч
Тепло	11 ГВт (тепл.)	200-200 (тепл.)	0,5-5 с/кВт·ч (тепл.)	0,5-5 с/кВт·ч (тепл.)
Энергия океана				
Приливная	0,3 ГВт	1700-2500	8-15 с/кВт·ч	8-15 с/кВт·ч
Волновая	Менее 0,1 ГВт	2000-5000	10-30 с/кВт·ч	5-10 с/кВт·ч
ОТЕС <sup>1)</sup>	Менее 0,1 ГВт	8000-20 000	15-40 с/кВт·ч	7-20 с/кВт·ч
Энергия внутренних водоемов				
Крупные ГЭС	690 ГВт	1000-3500	2-10 с/кВт·ч	2-10 с/кВт·ч
Малые ГЭС	25 ГВт	700-800	2-12 с/кВт·ч	2-10 с/кВт·ч

<sup>1)</sup> ОТЕС -Ocean thermal energy Conversion — использование перепада температуры воды в океане.

<sup>2)</sup> Данные табл. 13 ещё раз подтверждают указанную выше тенденцию: снижение себестоимости энергии от ВИЭ является устойчивым процессом по крайней мере на период до 2020 года. В то время как в отношении традиционной энергетики имеется тенденция постоянного роста себестоимости и тарифов.

вает ни каких бюджетных средств на развитие использования ВИЭ, поскольку покупательная способность населения достаточно велика.

Таблица 16

**Составляющие тарифа на электроэнергию в Германии**

Составляющие тарифа	Процент	Евроцент/кВтч
Производство и распределение электрической энергии (остается в энергокомпании)	59,6	10,25
Экологический налог	11,6	2
Отчисления на ВИЭ	2,5	0,43
Лицензия	10,4	1,8
Отчисления в фонд когенерационных установок	1,5	0,26
НДС	13,8	2,37
Всего	100	17,2

### 3.2. Предложения по объективности экономических оценок ВИЭ

При сравнении себестоимости энергии от невозобновляемых и возобновляемых энергоресурсов экологические преимущества ВИЭ не нашли пока общепризнанной стоимостной оценки. Если учесть ущерб сельскому хозяйству и лесам от кислотных дождей, потери от экологически-зависимой заболеваемости и смертности (в т.ч. — расходы на лечение), расходы на создание золоотвалов и хранилищ отработанного ядерного топлива и всего того, что сказано выше в п. 1.4., то себестоимость электроэнергии от ВИЭ в большинстве случаев станет ниже, чем от топливной и атомной энергетики.

Работы по стоимостным оценкам дополнительных затрат общества (external cost — внешние затраты) из-

за загрязнения окружающей среды ведутся в Европейском Союзе по крайней мере около 10 лет. Уже несколько раз на высшем уровне обсуждалась величина социально-экологической надбавки стоимости электроэнергии, выработанной различного вида топливными электростанциями. Такая надбавка для топливной энергии должна составлять 1,5–4 цента США на кВт·ч. Видимо, в ближайшие годы эта надбавка в виде экологического налога будет введена в странах ЕС.

Но экологический налог не решает всех проблем реальной стоимости электроэнергии. Надо каким то образом подойти к стоимостной оценке того факта, что используемое топливо безвозвратно сжигается, а возобновляемая энергия вечна.

Для функционирования топливной электростанции необходимо вкладывать средства не только в предприятия, поставляющего топливо, а также в транспортную инфраструктуру. Следовательно, при определении величины капитальных вложений на ввод мощности топливных электростанций, объем капитальных вложений в электростанцию возрастает на величину части капитальных вложений в топливную и транспортную сферы. Это несомненно повысит конкурентоспособность возобновляемой энергетики.

---

## **Глава 4. Возобновляемая энергетика России**

---

### **4.1. Этапы нелегкого пути**

В использовании нетрадиционных возобновляемых источников энергии в России в XX–XXI веках можно выделить три периода: довоенные годы (до 1941 года), послевоенные годы до 80-х годов, с 80-х годов до наших дней.

Работы по использованию солнечной и ветровой энергии начались в СССР/России в 30-е гг. отдельными энтузиастами. В конце 40-х гг. значительную роль сыграло решение Г.М. Кржижановского создать в возглавляемом им институте (ЭНИН — Энергетический институт) — группу, а затем лабораторию по использованию солнечной энергии. Затем в ЭНИНе была создана лаборатория геотермальной энергетики. В Центральном аэродинамическом институте (ЦАГИ) и других организациях начались активные разработки ветроустановок, в Гидропроекте — приливных электростанций, с середины пятидесятых годов во ВНИИ источников тока — фотоэлектрических преобразователей.

Первая попытка государственного управления развитием ВИЭ в СССР была предпринята в 1986 г: постановлением ЦК КПСС и СМ СССР поручалось Госплану СССР, Бюро СМ СССР по топливно энергетическому комплексу и Госкомитету по науке и технике разработать «Мероприятия по увеличению использования в 1987–1990 годах нетрадиционных источников энергии в народном хозяйстве». Была поставлена задача заме-

щения к 1990 г. органического топлива в объеме 4 млн. т у.т. за счет использования ВИЭ. К работе над «Мероприятиями» привлекался широкий круг специалистов разных министерств и ученых. По «Мероприятиям» должны были быть выполнены следующие задания:

- по вводу солнечных коллекторов — 900 тыс. м<sup>2</sup>;
- гелиообработка железобетона — объем замещения 274 тыс. т у.т.;
- геотермальная энергия — объем замещения 1,1 млн. т у.т.;
- осадки городских сточных вод — объем замещения 200 тыс. т у.т.;
- отходы гидролизной и целлюлозно-бумажной промышленности — объем замещения 732 тыс. т у.т.;
- твердые бытовые отходы — объем замещения 500 тыс. т у.т.;
- отходы животноводства и растениеводства — объем замещения 70 тыс. т у.т.;
- ввод в действие тепловых насосов — 276 Гкал/ч.

Разработчиками упомянутых «Мероприятий» от Госплана СССР были В.И. Савин и Б.М. Козлов, от Бюро по ТЭК — В.В. Таксаев и П.П. Безруких, от ГКНТ СССР — В.И. Доброхотов и М.И. Фугенфиров. Значительный вклад в развитие использования ВИЭ внес зам. Министра энергетики и электрификации СССР Дьяков А.Ф., а также д-р техн. наук, профессор, впоследствии член-корреспондент РАН, Шпильрайн Э.Э., долгие годы руководивший секцией по возобновляемой энергетике объединенного научного Совета ГКНТ и АН СССР, объединивший усилия практически всех ученых и специалистов данного направления. Уместно упомянуть и тогдашнего зам. Министра энергетики и электрифика-



ции СССР Сапожникова Ф.В., благодаря беспредельной энергии которого была построена в Крыму и передана в опытную эксплуатацию солнечная электростанция мощностью 5 МВт.

В развитии возобновляемой энергетики в России значительную роль, сыграло принятие Государственной научно-технической программы (ГНТП) «Экологически чистая энергетика» (1987 г.) с разделом «Нетрадиционная энергетика». В рамках этой программы были выполнены многие заделные работы и разработаны опытные образцы установок возобновляемой энергетики. И дело было пошло: во всех союзных республиках были созданы группы специалистов, отвечающие за выполнение заданий Программы.

Вне постановления 1986 г. и Программы ... года оказалась малая гидроэнергетика и ветроэнергетика. По инициативе Минэнерго, Минэлектротехпрома и Минводхоза в 1987 г. было принято Постановление СМ СССР «Об ускоренном развитии ветроэнергетической техники в 1988–1995 годах». По этому постановлению предполагалось ввести к 1995 г. 57 тыс. ветроустановок (в 1988–1990 гг. — 14,3 тыс.). При этом были предусмотрены государственные централизованные капитальные вложения на развитие производственной базы. Однако, руководство головной организации «Ветроэн» оказалось неподготовленным к масштабной задаче, и выполнение заданий было провалено. Так был упущен важный шанс развития отечественной ветроэнергетики.

В 1988 г. Совет Министров СССР поручил Бюро по топливно-энергетическому комплексу и ГКНТ СССР рассмотреть с участием Госплана СССР, Академии наук СССР и других заинтересованных организаций весь комплекс вопросов, связанных с использованием

нетрадиционных источников энергии, и подготовить предложения по значительному расширению масштабов утилизации возобновляемых энергоресурсов в экономике страны. Достигнутый к 1989 г. уровень развития нетрадиционной энергетики оценивался как эквивалентный использованию более 1,2 млн. т у.т. Намечаемое годовое производство энергоресурсов за счет нетрадиционных возобновляемых источников энергии соответствовало замещению следующих объемов органического топлива, млн. т:

	1995 г.	2000 г.	2005 г.
<b>Всего</b>	<b>5,6</b>	<b>15–19</b>	<b>26–30</b>
<b>В том числе за счет:</b>			
солнечной энергии	1,4	4,0–4,6	3,6–7,0
геотермальной энергии	1,2	3,3–4,1	5,1–5,5
энергии ветра	0,3	0,7–0,9	2,0–2,3
энергии биомассы	1,5	4,7–6,6	8,2–10,1
Низкопотенциального тепла, извлекаемого тепловыми насосами	0,6	1,4	2,5–2,6
энергии малых рек	0,6	1,2–1,5	1,9–2,2

По программе к 2000 г доля нетрадиционных возобновляемых источников энергии должна составить 0,6–0,8% объема внутреннего энергопотребления. С помощью нетрадиционных ВИЭ предусматривалось, главным образом, решить задачи более широкого и надежного тепло- и электроснабжения потребителей в децентрализованном секторе энергетики.

### ***Солнечная энергетика***

Использование солнечной энергии, как описано выше (см. гл. 1) осуществляется по двум направлениям: преобразование в тепло и в электроэнергию. Преобразование в электроэнергию, в свою очередь, может осу-

ществляться через прямое преобразование (фотоэлектричество) и через термодинамический цикл.

**Солнечное теплоснабжение.** Основным элементом в установках солнечного теплоснабжения является солнечный коллектор (СК)

По площади солнечных коллекторов можно судить об уровне использования этого вида установок в стране. В табл. 17 приведены данные по разным странам, которые свидетельствуют, что СК весьма широко используется далеко не в самых солнечных странах (Германия и Австрия, например).

Таблица 17

**Площадь солнечных коллекторов (тыс. м<sup>2</sup>) в некоторых странах на конец 2005 г. (ESTIF – European Solar Thermal Industry Federation)**

Страна	Площадь СК
Китай	64 285*
США	10 212*
Япония	7714*
Германия	7233
Азия (без Китая и Японии)	5500
Израиль	4857
Австралия	3571
Греция	3047
Австрия	2819
Индия	1000
Франция	640
Испания	532
Италия	526
Кипр	500
Швейцария	392
Нидерланды	370
Дания	359
Великобритания	286
Швеция	242
Португалия	162
Финляндия	104
Россия	~ 60–80
Бельгия	70
Бельгия	70
Норвегия	13
Ирландия	11
Европа, всего	~ 17 700
Всего	~ 150 000

\* Данные за 2004 г.

В СССР в тридцатых годах начали применять солнечные коллекторы в деревянных корпусах. В семидесятые годы институт КиевЗНИИЭП разработал солнечную установку для горячего водоснабжения жилого дома в Херсоне. Примерно в это же время по разработке ИВТАНа была построена установка солнечного горячего водоснабжения для жилого дома в пос. Мерцаван в Армении. Это были уже вполне современные разработки.

Существенным вкладом в это направление можно считать экспериментальный комплекс по солнечному тепло- и холодоснабжению в Крыму вблизи Алушты, который был сдан в эксплуатацию в 1987 году. Солнечная энергия использовалась для отопления и горячего водоснабжения зданий, а также для охлаждения воздуха в летнее время. В составе комплекса имелся плавательный бассейн, вода в котором подогревалась с помощью теплонасосной установки (ТНУ).

Наибольшее развитие солнечное теплоснабжение в России/СССР получило в 80-е гг. Первое в России крупное серийное производство СК было организовано на Братском заводе отопительного оборудования (затем «Сибтепломаш»). Братские СК не получили широкого распространения, в частности, потому, что солнцеприемная панель изготавливалась из обыкновенной стали и была коррозионно неустойчивой.

Более успешной была деятельность по производству СК «Спецгелеомонтаж» (Грузия). До сих пор их СК дают горячую воду в Грузии, Ставропольском и Краснодарском краях.

К моменту распада СССР общая площадь СК составляла более 150 тыс. м<sup>2</sup> с суммарной теплопроизводительностью 75 тыс. Гкал в год.

В 1993–1994 гг. на Ковровском механическом заводе (Ковров, Владимирская область) было освоено производство СК, которые по критерию «цена-качество» до сих пор находятся на уровне лучших мировых образцов. Установки горячего водоснабжения на базе СК Ковровского завода успешно работают в Краснодаре, Ейске, Новороссийске и других населенных пунктах. В настоящее время небольшие партии СК выпускаются также АО «Конкурент» (Жуковский, Московская область), НПО «Машиностроение» (Москва), АО «ЮРЭК» (Краснодар) и рядом других организаций.

Однако, в целом, площадь выпускаемых коллекторов в России находится на уровне 8–10 тысяч м<sup>2</sup> в год. На Ковровском механическом заводе разработан воздушный СК, благодаря которому появилась принципиальная возможность использовать СК в районах суровых зим, имеющих существенный приход солнечной радиации именно в это время (Бурятия, Якутия, Алтай).

Солнечная фотоэнергетика. Из-за специфики брошюры нет возможности отметить вклад ученых и специалистов отдельных направлений, но нельзя не назвать фамилий основоположников наземной солнечной энергетике в России проф. Б.В. Тарнижевского и проф. Д.С. Стребкова.

В СССР/России впервые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) или, в обиходе, солнечные батареи (СБ), были использованы на третьем советском искусственном спутнике Земли (1958 г.). С 60-х гг. были начаты работы по наземной фотоэнергетике.

Во ВНИИ источников тока была разработана фотоэлектрическая установка для водоподъема на водопойных пунктах в пустынных и полупустынных районах

и в 1969 г. первая такая установка мощностью 0,5 кВт была смонтирована в Туркмении, в пустыне Кара-Кум на водопойном пункте в урочище Овез-Ших. Установка была оснащена впоследствии концентраторами солнечной энергии, что позволило существенно сократить количество фотоэлектрических преобразователей. К установке был добавлен также солнечный парниковый опреснитель, поскольку вода, поднимаемая из колодца, была сильно минерализована и непригодна для водопоя. Это, по-видимому, был первый в мире комплекс, работавший исключительно на солнечной энергии, он обеспечивал содержание отары овец на 800 голов.

Следует упомянуть также о проекте восьмидесятых годов «солнечной деревне» в Краснодарском крае, где предполагалось оснастить пять коттеджей солнечными батареями, связанными с электрической сетью, каждая мощностью 2,5 кВт. Одна батарея была смонтирована и введена в работу, на остальные не хватило денег.

В настоящее время, когда в мире наблюдается настоящий бум фотоэлектричества, в России небольшими партиями изготавливают фотоэлементы и модули с КПД 14–15% многие организации (в основном, на экспорт). Среди них: Рязанский завод металлокерамических приборов г. Рязань, НПО «Машиностроение», ООО «Совлакс», НПП «Квант», ВИЭСХ, ЗАО «Телеком-СТВ», ОАО «Позит» все Москва, ОАО «Сатурн», ООО «Солнечный ветер» г. Краснодар, завод «Красное знамя» г. Рязань [5].

В институте ФТИ им. Иоффе РАН (Санкт-Петербург) сделаны разработки фотоэлектрических элементов с многослойными структурами на основе арсенида галлия (достигнут КПД, превышающий 20%). Однако,

сырьевая база галлия (в отличие от кремния) крайне ограничена, что ставит под сомнение экономическую целесообразность широкого применения таких устройств. Однако такие устройства имеют свою экологически оправданную нишу.

Крупным проектом в области использования солнечной энергии для производства электроэнергии по термодинамическому циклу явилось сооружение солнечной станции в Крыму (СЭС-5) по проекту Рижского отделения института «Теплоэлектропроект» г. Рига и «Энергострой-механизация» г. Ростов. Основные параметры СЭС-5: номинальная мощность — 5,0 МВт, параметры пара: температура — 250°C, давление 40 атм.; высота башни — 75 м; количество гелиостатов — 1600; площадь гелиостата — 25 м<sup>2</sup>, удельные капитальные вложения 6000 руб/кВт (в ценах 1984 г.).

За шесть лет эксплуатации (1985–1990 гг.) был накоплен уникальный опыт (табл. 18). С 1991 г. СЭС-5 оказалась за пределами России и работа ее прекратилась.

Подведем краткие итоги. При появлении платежеспособного спроса (при существующем значительном потенциальном спросе) отечественная промышленность в состоянии удовлетворить потребности в солнечных коллекторах и фотоэлектрических модулях. О необходимости и возможности инициации платежеспособного спроса сказано в главе 5.

Представляется целесообразным строительство двух-трех экспериментальных солнечных термодинамических станций в Краснодарском и Ставропольском краях. Однако их широкое применение в России не просматривается.

**Результаты эксплуатации СЭС-5 в 1985–1990 годах**

Показатель	Годы эксплуатации					
	1985	1986	1987	1988	1989	1990
<b>Мощность, МВт:</b>						
среднегодовая	0,4	0,7	0,97	0,85	1,5	1,4
максимальная	0,4	4,0	5,4	5,7	3,9	5
Количество рабочих дней (пусков турбогенератора)	5	73	66	151	176	170
Число включений в сеть	1	23	19	110	307	347
Продолжительность работы турбогенератора в сети, ч-мин	0–12	7–34	15–03	148–47	317–59	514–56
Годовая выработка электроэнергии, тыс. кВт*ч	0,08	5,28	14,6	126,85	490	726
Максимальная продолжительность работы в сети, ч-мин	0–12	0–15	2–25	10–07	6–00	8–02
Максимальная выработка электроэнергии за сутки, тыс. кВт*ч	0,08	0,65	2,88	4,32	8,64	11,88
Продолжительность работы станции в году, мес.	0,7	6,3	5,4	6,7	8,6	8,7

### ***Геотермальная энергетика***

Также как и при использовании солнечной энергии, геотермальная энергетика развивается по двум направлениям: производство электрической энергии и производство тепловой энергии.



**Геотермальные электростанции (ГеоЭС).** Ресурсной базой геотермальных электростанций являются месторождения парогидротерм с температурой теплоносителя выше 150°C. Россия обладает уникальными запасами высокотемпературного тепла на Камчатке, Курильских островах и Северном Кавказе.

Курильско-Камчатская зона молодого вулканизма отличается максимальной близостью высококотепрета-руных геотермальных систем к поверхности, это определяет экономическую целесообразность их использования. По оценкам ВСЕГИНГЕО, запасы парогидротерм Камчатки и Курильских островов могут обеспечить мощность ГеоЭС не менее 1000 МВт.

Промышленная выработка электроэнергии на первой в России ГеоЭС началась в 1967 г. на Паужетском месторождении. Установленная мощность первой очереди Паужетской ГеоЭС равнялась 5,0 МВт, а в 1982 г. общая мощность электростанции была доведена до 11,0 МВт.

Наиболее крупным и перспективным на Камчатке является Мутновское месторождение, расположенное в 130 км от г. Петропавловска-Камчатского. Буровые работы на Мутновском месторождении ведутся с 1978 г. На сегодня пробурено около 90 скважин с глубиной от 250 до 2500 м. Суммарные запасы по категориям C1+C2+P оценены в 245 МВт.

В последние годы в России вновь активизировались работы в области геотермальной энергетики. Это стало возможно за счет реализации крупного экспортного контракта на строительство российскими организациями (АО «КТЗ», АО «Бургазгеотерм», АО «ЗиО» и др.) ГеоЭС «Сан-Хасинто», установленной мощностью 115 МВт в Никарагуа.

Компании АО «Геотерм», АО «Мосинтергеотерм», АО «Наука» организовали серийное производство ГеоЭС мощностью от 0,5 до 20,0 МВт и ГеоТС (геотермальная тепловая станция) мощностью 6,0 и 20,0 МВт [5].

Первым практическим результатом этих усилий российских специалистов было создание и пуск в эксплуатацию в 1993 г. на о. Кунашир Курильской гряды опытно-промышленной ГеоЭС мощностью 500 кВт, выполненного в виде блочного модуля-контейнера.

В 1999 г. были пущены в эксплуатацию 3 энергоблока по 4 МВт на Верхне-Мутновской ГеоЭС. Таким образом, состоялось возвращение России в ряд стран, использующих геотермальную энергетику на современном уровне. Вслед за Верхне-Мутновской в 2001 г. вступила в строй первая очередь Мутновской ГеоЭС мощностью 50 МВт (два энергоблока по 25 МВт, генеральный проектировщик ОАО «Зарубежэнергопроект», Иваново, оборудование — ОАО «Калужский турбинный завод», московский завод «Электроцит», «Пролетарский завод» и «Электропульт» из Санкт-Петербурга, Siemens). Обе станции работают успешно.

**Геотермальные теплостанции (ГеоТС).** В СССР промышленное использование геотермальных вод для теплоснабжения началось в 60-е гг. В 1988 г. годовая добыча составила 60,8 млн. м<sup>3</sup>, в 1990 г. — 55 млн. м<sup>3</sup>.

Пока районами применения геотермального теплоснабжения являются Камчатка и Северный Кавказ, а основным потребителем — сельское хозяйство. Общая площадь теплиц, обогреваемых подземным теплом, составляла в 90-е годы свыше 70 га. Четверть добываемого тепла использовалась для обогрева и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий. В

Дагестане, например, термальные воды применялись более 120 различными потребителями, в том числе в коммунально-бытовом секторе, отопительных системах, технологических процессах, бальнеологии. Так, горячее водоснабжение Избербаша (25 тыс. жителей) полностью осуществлялось за счет термальных вод с небольшой подпиткой системы от котельной в зимнее время. Геотермальное теплоснабжение в указанных районах используется и сейчас, но в несколько меньших масштабах.

В настоящее время активно обсуждаются проекты использования геотермальной энергии в Краснодарском крае, а также проект геотермального теплоснабжения Елизовского района Камчатской области с применением тепловых насосов. Оба эти проекта достаточно реальны и могут послужить основой для дальнейшего развития традиционной высокотемпературной геотермальной энергетики России.

### ***Ветроэнергетика***

Использование энергии ветра (впрочем, как и использование воды на малых водотоках) имеет тысячелетнюю традицию. В начале XX века в России насчитывалось около 250 тысяч ветряных мельниц, которые перерабатывали почти половину урожая зерновых в стране. Эти мельницы были сделаны из дерева, диаметр ветроколеса не превышал 12 м.

Во Всесоюзном институте механизации сельского хозяйства (ВИМ) в 1933 году была создана дерево-металлическая ветряная мельница с диаметром ветроколеса до 16 м и мощностью до 20 л.с. Однако и эти улучшенные ветряные мельницы не смогли конкурировать с

более совершенными и мощными техническими средствами для помола зерна, и эпоха ветряных мельниц в России вскоре закончилась.

Начало теории ветряного двигателя положил выдающийся русский ученый Н.Е. Жуковский. Крупным достижением довоенной ветроэнергетики явилась ВЭС около Балаклавы (Крым), введенная в эксплуатацию в 1931 г. Эта ВЭС работала в энергосистеме параллельно с тепловой электростанцией до 1941 г., когда она была разрушена при оккупации Крыма. Опорная конструкция ветродвигателя (мачта) была построена по проекту В.Т. Шухова. Ветроагрегат с диаметром колеса 30 м и мощностью асинхронного генератора 100 кВт был на то время самым мощным в мире (мощность ветроагрегатов в Дании и Германии была в пределах 50–70 кВт с диаметром колеса до 24 м).

Массового распространения ветроустановки в России/СССР не получили в основном из-за отсутствия четкой государственной политики, с одной стороны, и отсутствия понимания у производителей ветроустановок необходимости организации сервисного обслуживания с другой.

В начале 90-х гг. МКБ «Радуга» г. Дубна и АО «Тушинский машиностроительный завод» (Москва) начали разработки ВЭУ мощностью 250 и 1000 кВт, НПО «Ветроэн» (г. Истра) и НПО «Южное» (г. Днепропетровск) — ВЭУ мощностью 250 кВт, АО «Ленподъемтрансмаш» (г. Ленинград) и ассоциация «Энергобаланс» (г. Москва) — ВЭУ мощностью 250 кВт. Этими агрегатами Минэнерго СССР предполагало укомплектовать первые экспериментальные системные ветростанции общей мощностью 58,5 МВт, в том числе: Ле-

нинградскую ВЭС на берегу Финского залива (25 МВт), Джунгарскую ВЭС в Казахстане (15 МВт), Крымскую ВЭС на восточном побережье Крыма (12,5 МВт). Несколько позднее возникла идея строительства Калмыцкой ВЭС (22 МВт) в 20 км от г. Элиста. Одновременно велись работы по созданию ветроустановок 16, 30, 60 и 100 кВт.

Эти попытки возрождения ветроэнергетики пришлось на период все ухудшающегося финансового положения страны, что, в конечном счете, привело к остановке работ. Не менее важной причиной этого поражения явилось непонимание разработчиками того простого факта, что, в отличие от ракетной и авиастроительной практики, у них нет возможности и средств на изготовление конструкций, требующих длительной доводки, и опять-таки при отсутствии сервисного обслуживания. Поэтому первые же поломки приводили к длительным простоям, что в свою очередь укрепляло негативное отношение к ветроэнергетике в целом.

В итоге первый образец ВЭУ конструкции «Лен-подъемтрансмаша», установленный в Новороссийске в 1995 г. был «угроблен» его создателями: отказало тормозное устройство, был поврежден генератор, а на новый генератор и ремонтные работы не хватило денег. Агрегаты НПО «Южное» и «Ветроэн» со множеством недоработок были установлены на Крымской ВЭС, где коллектив уже упомянутой СЭС-5 принял их в опытную эксплуатацию. Но предприятие вместо скрупулезной доводки ВЭУ продолжало их клепать. Впоследствии, шесть из них (УВЭ-250), частично модернизированных, были поставлены на Воркутинскую ВЭС. Но из-за поломок два из них длительно не работают. Не

удалось довести до кондиции и ВЭУ «Радуга-1» мощностью 1000 кВт. С 1998 года ВЭУ, (установленная на Калмыцкой ВЭС, около г. Элиста) два года находилась в постоянной «доводке», в конечном счете, не хватило средств. Все работы окончательно остановились с поломкой лопасти, которая произошла из-за неправильной эксплуатации.

Сегодня в работе находятся следующие системные ВЭС:

Калининградская ВЭС мощностью 5,1 МВт (Калининградская обл.), 20 ВЭУ единичной мощностью 225 кВт и одна ВЭУ мощностью 600 кВт, все датского производства (фирма Vestas);

Воркутинская ВЭС мощностью 1,5 МВт (о ней сказано выше);

Камчатская ВЭС (о. Беринга, п. Никольское) — 2 x 250 кВт, Micon, Дания;

Тюпкельдинская ВЭС (г. Октябрьский, Башкирия) — 4 x 550 кВт, HAG, Германия/ Lfyust j hf,jnt D'E ghbdtltys d nf,kbwt\$;

Ростовская ВЭС, 10 x 30 кВт, HSW, Германия;

Мурманская ВЭС — 1 x 200 кВт, Micon, Дания;

Чукотская ВЭС — 10 x 250 кВт, НПО «Ветроэн».

Всего — 12,3 МВт. Чукотская ВЭС построена на базе агрегатов УВЭ-250, модернизированных НПО «Ветроэн» в соответствии международными стандартами. Первые данные свидетельствуют, что ВЭС работает устойчиво

Из-за отсутствия заказов НПО «Ветроэн» прекратил существование, кооперация разрушилась.

Помимо сетевых ВЭУ, в России созданы и выпускаются небольшими партиями малые ВЭУ на довольно

приличном техническом уровне. Среди изготовителей ВЭУ: МКБ «Радуга» (8–16 кВт), ГНЦ РФ — ЦНИИ «Электроприбор» (40, 500 и 1000 Вт), НПК «Ветроток» (4 и 16 кВт), АО «Долина» (2 и 5 кВт), ООО «Спецрем-текс» (1,5 кВт), НПО «ЭлектроСфера» (5 кВт).

Для дальнейшего развития системной ветроэнергетики в России представляется целесообразным трансферт зарубежных передовых технологий (Германия, Дания), при котором наши предприятия в течение 2–3 лет могли бы освоить выпуск основных узлов и деталей при разумной дальнейшей кооперации с зарубежными фирмами. Для этого необходимо принять решение о строительстве мощных ветростанций (50–100 МВт). Таких «площадок» с соответствующими ветровыми условиями в России достаточно.

### ***Малая гидроэнергетика***

Как известно, гидроэнергетика начиналась с малых ГЭС, водяных мельниц и водяных колес. В России к 1913 г. в эксплуатации находилось 78 ГЭС общей мощностью 8382 кВт. При этом самой крупной была ГЭС мощностью 1350 кВт. После принятия плана ГОЭЛРО (1922 г.) началось повсеместное сооружение малых ГЭС, и к началу 50-х гг. эксплуатировалось более 6600 малых ГЭС суммарной мощностью 332 МВт. Средняя мощность этих ГЭС составляла 50 кВт, а число часов использования установленной мощности не превышало 1500 в год. Примерно с этого же времени начался процесс повышения единичной мощности ГЭС и вывод из эксплуатации наиболее мелких и неэкономичных ГЭС. В результате этого общее число малых ГЭС к 1958 г. сократилось до 300, а общая мощность составила 446 МВт.

Решение Правительства СССР о присоединении сельских потребителей к электросетям общего пользования подорвало экономическую основу применения малых ГЭС. Начался процесс их сокращения. В 1967 г. в эксплуатации находилось около 730 ГЭС суммарной мощностью 100 МВт, в 1980 г. соответственно — 100 ГЭС и 250 МВт. К 1990 г. в эксплуатации осталось 55 малых ГЭС общей мощностью 545 МВт. Рост цен на топливо и энергию, перерывы в электроснабжении сельских потребителей, сопровождающиеся огромным ущербом для хозяйств, стимулировали рост интереса к восстановлению малых ГЭС и строительству новых.

По данным Госкомстата России, который фиксирует технико-экономические показатели электростанций мощностью 500 кВт и более, в 2003 г. общая установленная мощность 60 малых ГЭС составила 610 МВт, а годовая выработка — 1,9 млрд. кВт·ч. По мнению экспертов, не менее 50 малых ГЭС, мощность которых менее 500 кВт, также находятся в работе на просторах России.

По данным Гидропроекта, потенциальное число экономически эффективных малых ГЭС составляет 200 с суммарной установленной мощностью 568 МВт. Вряд ли Гидропроект учитывал малые ГЭС мощностью менее 500 кВт. Так что общее количество малых ГЭС, строительство которых экономически оправдано, можно удвоить.

В России имеется богатейший опыт в гидростроительстве крупных и средних ГЭС. Многие предприятия способны выпускать оборудование для малых ГЭС. Однако низкий платежеспособный спрос и малая общая стоимость объектов не привлекает крупные пред-



приятия к развитию производства. На этом фоне уже более 10 лет успешно функционирует малое предприятие МНТО «ИНСЭТ» (город), которое поставило оборудование в России и для многих союзных республик, а также в ряд зарубежных стран, в том числе Японию, Бразилию, Швецию и Афганистан. Это предприятие осуществляет работы «под ключ», включая проекты и изыскательские работы, а также сервисное обслуживание. Оно выпускает микро-ГЭС от 10 до 100 кВт и оборудование для малых ГЭС мощностью до 10 МВт [5].

АО «Башкирэнерго» организовало производство оборудования малых ГЭС на своей базе, и успешно осуществляет строительство и эксплуатацию малых ГЭС в Башкирии.

Этот раздел возобновляемой энергетики в России наиболее благополучный; имеется оборудование, проектные организации, а сооружение малых ГЭС не требует большого количества специалистов и успешно выполняется местными строительными организациями. Потребительский потенциальный спрос огромный в большинстве субъектов РФ, но в регионах, как правило, нет средств для строительства малых ГЭС,

### ***Использование энергии биомассы***

Использование биомассы в технически удобные виды топлива производится различными технологиями:

- прямое сжигание, в том числе и для производства электроэнергии;
- пиролиз и газификация — превращение биомассы в жидкое и газообразное топливо;
- биотехнологическая конверсия — превращение от-

ходов в биогаз в специальных устройствах или на свалках.

Биоэнергетические установки (технология биоконверсии) по переработке отходов животноводства и птицеводства отечественного и зарубежного производства эксплуатировались в 80–90 гг. в России и других союзных республиках. Установки типов «Кобос» и БЭУ-301 было необходимо серьезно доработать, что не было сделано вовремя, и дело заглохло.

Не получило должного развития и сооружение газогенераторных установок, хотя во время Великой Отечественной Войны и после нее (как уже говорилось в главе 1), на газогенераторах работали автомобили и трелевочные трактора. В последующем газогенераторные автомобили и трактора были вытеснены более совершенными и дешёвыми бензиновыми двигателями. Но сейчас бензин и дизтопливо подорожали и следует задуматься о переходе к газогенераторным двигателям.

Малое предприятие НТЦ «ЭкоРос» (Москва) организовало производство индивидуальных биогазовых установок ИБГУ-1 для фермерских хозяйств. Выпущено и реализовано с 2000 по 2006 год более 100 комплектов. Центр разработал также автономный биоэнергетический модуль БИОЭН-1. Из этого модуля можно комплектовать установки для средних и крупных ферм и фабрик.

Обе указанные установки, кроме биогаза, производят экологически чистые удобрения, чем и определяется их быстрая окупаемость.

Экспериментальная установка «быстрого пиролиза» биомассы, в которых до 70% от сухого вещества превращается в жидкое или газообразное топливо с кало-

рийностью 5000 ккал на килограмм, создана в Всероссийском институте электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) г. Москва. В её составе дизель-генератор, переделанный на совместное сжигание дизельного топлива и газа, что обеспечивает экономию дизельного топлива до 50%.

В Екатеринбурге ЗАО «Энергоресурс» разработало многотопливную мини-ТЭЦ электрической мощностью 30 кВт и тепловой — 0,55 Гкал. В её составе может быть как котельный агрегат, так и дизель-генератор, переделанный на газ.

Кроме того, на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности на малых ТЭЦ в режиме прямого сжигания используются отходы этих производств (см. 4.2.).

За последние 5–6 лет развилось еще одно направление использования биомассы — производство древесных и торфяных гранул (пеллет). В России к 2007 г. было не менее 70 предприятий по производству пеллет (в Коми и: Карелия, Ленинградской, Московская, Волгоградская, Псковская, Тверская, Кировская, Костромская, Свердловская, Владимирская, Архангельская, Новгородской областях, Краснодарском и Хабаровском краях). Все предприятия ориентированы на экспорт. Ни одно производство пеллет не вышло на проектную мощность. Но перспективы этого направления велики, поскольку на базе гранул разработаны системы 100% автоматизации малых котлов, при возможности использования дешевого сырья и т.д.).

В 1997 г. АО «ВИЭН» (Москва) разработана Программа «Энергообеспечение районов Крайнего Севера и приравненных к ним территорий, а также мест проживания малочисленных народов Севера, Сибири и Даль-

него Востока за счет использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива на 1996–2000 годы», которая была утверждена Постановлением Правительства РФ от 28 августа 1997 года № 2093 в качестве подпрограммы Федеральной целевой программы «Топливо и энергия». И хотя ФЦП просуществовала только до 2000 г., она оказала революционизирующее воздействие.

Позже при разработке ФЦП «Энергоэффективная экономика» пришедшей на смену ФЦП «Топливо и энергия» подготовка раздела по возобновляемой энергетике велась в рамках общей плановой работы. Раздел ФЦП получил название «Энергообеспечение регионов, в том числе северных и приравненных к ним территорий на основе возобновляемых источников энергии и местных видов топлива».

По этому разделу к 2010 году должны быть введены объекты возобновляемой энергетики общей мощностью порядка 1000 МВт электрических и 8200 МВт тепловых.

Однако в 2005 году ФЦП «Энергоэффективная экономика» прекратила свое существование и до настоящего времени не возобновлена её разработка.

## **4.2. Производство электрической и тепловой энергии на базе ВИЭ в России**

Госкомстат России с отставанием на год представляет ежегодно отчеты о технико-экономических показателях работы всех электростанций мощностью более 500 кВт. Статистической отчетностью охвачены ветровые, геотермальные, малые гидравлические и тепловые станции.

В России в 2007 году работало 37 тепловых электростанций (ТЭЦ), использующих отходы деревообработки, целлюлозно-бумажной промышленности и даже дрова. Такие станции используют также и другие виды топлива (газ, уголь, нефтепродукты). По соотношению объемов используемого топлива можно определить объем вырабатываемой энергии на биомассе (табл. 19).

Таблица 19

**Выработка электроэнергии в России на базе ВИЭ, включая малые ГЭС от 500 до 30000 кВт. (Отчеты о технико-экономических показателях и расходе условного топлива на электростанциях России, за 2001 и 2005 годы, Госкомстат России)**

№ п/п	Период	2001 г.	2000 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
1	Ветростанции	2,917	4,120	6,774	10,381	9,864	9,659
2.	Геотермальные электростанции	58,2	91,2	149,1	313,1	395,0	396,4
3.	Малые ГЭС	2301,2	2371,2	2413,0	2276,7	2741,0	2788,0
4.	Тепловые электростанции на биомассе	1895,3	2226,9	2426,5	4750,3	5520,0	5184,0
	<b>ИТОГО:</b>	<b>4257,6</b>	<b>4693,4</b>	<b>4994,9</b>	<b>7350,5</b>	<b>8665,9</b>	<b>8378,0</b>
	Производство электроэнергии на электростанциях России	877800	891300	891300	916300	931900	953100
	Доля возобновляемых источников энергии, %	0,48	0,53	0,56	0,80	0,93	0,88

Источник: Отчеты о технико-экономических показателях и расходе условного топлива на электростанциях России, за 2000 и 2001 годы, Госкомстат России 2001, 2002 и 2003 годы.

Как видим доля ВИЭ в выработке электроэнергии без крупных ГЭС составила около 0,9%. И основная доля 62% принадлежит тепловым электростанциям на биомассе. Производство тепловой энергии на базе ВИЭ не охвачено официальной статистикой, и поэтому приходится использовать экспертные оценки (табл. 19).

Таблица 20

**Отпуск тепловой энергии в России на базе ВИЭ, тыс. Гкал (по экспертным оценкам и по «Производство важнейших видов продукции по электроэнергетике», Госкомстата России, 2004–2006).**

№ п/п	Период Тип установки	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
1.	Тепловые электростанции на биомассе	8900	9720	10668	15550	19592	16773
2.	Малые котельные на биомассе	45000	46000	46500	48000	48000	48000
3.	Солнечные коллекторы	30,0	31,0	32,0	33,0	35,0	36,0
4.	Тепловые насосы	380	390	400	410	450	460
5.	Мусоросжигающие заводы и установки	300	300	300	300	300	300
6.	Биогазовые установки, станции азрации	2000	2000	2000	2000	2000	2000
7.	Геотермальные системы теплоснабжения	1000	1000	1000	1100	1150	1250
	<b>И т о г о:</b>	<b>57610</b>	<b>59441</b>	<b>60900</b>	<b>67393</b>	<b>71527</b>	<b>69269</b>
	Отпуск теплоэнергии, всего в России, (по 191500 предприятиям), млн. Гкал	1420,0	1440,0	1426,9	1422,1	1402,1	1420,0
	Доля возобновляемой энергии, %	4,10	4,10	4,30	4,74	5,10	4,90

Данные, приведенные в табл. 20, составлены на основе экспертных оценок, за исключением выработки тепловой энергии на тепловых электростанциях которая определена по статистическим данным.

Таблица 21

**Доля ВИЭ в производстве и внутреннем потреблении первичной энергии в России (Российский статистический ежегодник, 2006)**

	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Производство электрической энергии, млрд. кВт·ч	4,2576	4,6934	4,9952	7,3505	8,665	8,378
Замещение органического топлива за счет производства электрической энергии, млн. т.у.т	1,4646	1,6145	1,7183	2,5285	2,9721	2,882
Производство тепловой энергии, млн. Гкал	57,610	59,441	60,9	67,393	71,527	69,269
Замещение органического топлива за счет производства тепловой энергии, млн. т.у.т	11,4644	11,8229	12,1191	13,3438	14,0908	13,5074
Дрова, млн. т.у.т	5,4	5,2	5,1	5,0	5,0	5,0
Всего, млн. т.у.т	18,3	18,6	19,0	20,9	22,1	21,4
Производство/потребление первичной энергии, млн. т.у.т	1408	1455	1505	1607	1687	1722
	907	918	919	938	956	960
Доля ВИЭ в производстве/потреблении первичной энергии, %	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,2

Доля ВИЭ в производстве первичной энергии в России, подсчитанная по коэффициенту замещения органического топлива при производстве электроэнергии

(344 т.ут/кВт·ч) и тепловой энергии, (195 кг/Гкал) составляет около 2% от объёма внутреннего потребления (табл. 21).

По данным института энергетической стратегии экономический потенциал ВИЭ составляет порядка 320 млн. т у.т, а используется как показано в табл. 21 только 22 млн. т у.т (т.е. 6,8%).

### **4.3. Прогноз развития ВИЭ в России**

Для того, чтобы использовать хотя бы половину имеющегося экономического потенциала, необходимы дополнительные электрические и тепловые мощности.

В табл. 22 приведен один из прогнозов развития мощностей по различным направлениям ВИЭ.

Этот прогноз предполагает, что до 2020 г. будут вводиться, как минимум, пять ГВт электрических мощностей и два ГВт тепловых мощностей. Оптимистический же сценарий предполагает удвоение этих объемов ввода. Однако предварительные официальные прогнозы отводят возобновляемой энергетике не более одного-двух процентов в выработке электроэнергии даже в 2020 году. Такой подход не соответствует возможностям и потребностям России.



Таблица 22

**Прогноз ввода электрической и тепловой мощности в России на базе ВИЭ (ориг.).**

Вид ВИЭ		2005	2010	2020		2030	
				пессим.	оптим.	пессим.	оптим.
Геотермальная	МВт (эл.)	70,5	4 (бин)	1000	2000	2000	4000
	МВт (тепл.)	230	10	1000	2000	5000	10000
Малые и микро ГЭС	МВт	680	20	200	1000	500	1500
Приливные ЭС	МВт	–	–	3000	3000	6000	6000
Ветровая	МВт	12	50	1000	3000	5000	10000
Солнечная	МВт (эл.)	0,1	5	50	100	100	1000
Солнечные коллекторы	тыс. м <sup>2</sup>	100	100	500	1000	1500	2000
	МВт (тепл.)	50	50	250	500	750	1000
Биомасса	МВт (эл.)	1240	5	500	1500	1500	4000
	МВт (тепл.)	4330	15	900	1800	3000	6000
Всего	МВт (эл.)	2012	84	5750	10600	16000	26500
	МВт (тепл.)	4610	75	2150	4300	8750	17000

---

## **Глава 5. Что можно и нужно делать для развития ВИЭ в России**

---

### **5.1. Барьеры и препятствия на пути ВИЭ**

Итак, казалось бы все не так уж плохо: есть острая необходимость использования ВИЭ, ресурсы всех видов ВИЭ, оборудование, кадры, находятся в эксплуатации многие установки, но масштабного использования ВИЭ нет и развитие идет с большим трудом. Для этого есть несколько главных препятствий (барьеров): психологический, экономический, законодательный, организационно-управленческий, информационный и технический. Каждый барьер имеет специфику.

Среди психологических барьеров, которые препятствуют принятию решений о развитии ВИЭ, следующие расхожие утверждения:

- а) «Россия располагает большими запасами органического топлива, и нет особой необходимости использования ВИЭ»;
- б) «поскольку единичная мощность установок ВИЭ невелика (киловатты — реже единицы мегаватт), а для регионов нужны мощности в сотни и тысячи мегаватт, ВИЭ — мелочь, с которой не стоит возиться».
- в) «зачем возиться с ВИЭ, если в экстремальной ситуации нехватки энергии федеральный центр всегда поможет».

Среди экономических рассуждений, которые затрудняют принятие решений о развитии ВИЭ следующие:

- а) «Зоны использования ВИЭ приходятся, как правило, на дотационные субъекты Российской Федерации с

низкой покупательной способностью населения и малым бюджетом районов. Сооружение объектов возобновляемой энергетики невозможно за счет бюджета районов, поскольку доставка топлива на дизельные станции “съедает” до 60% этих бюджетов».

- б) «Финансовая поддержка государства сооружения объектов ВИЭ мала» (в 200–2006 годах из федерального бюджета выделялось 80–100 млн. руб. в год.

Среди законодательных препятствий развития ВИЭ:

- а) Отсутствие федерального закона о возобновляемых источниках энергии. Даже куций “обстриженный” федеральный закон “О государственной политике в сфере использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии”, принятый Государственной Думой 27 октября 1999 г. и одобренный Советом Федерации 11 ноября 1999 г., был заблокирован Администрацией первого президента России — на закон было наложено “вето”. Продолжая эту линию, в 2000–2007 гг. Правительство неоднократно отклоняло все предложения Минэнерго включить проект закона “О возобновляемых источниках энергии” в план своей законотворческой деятельности.
- б) Отсутствие налоговых льгот для развития ВИЭ. Такие льготы во всем мире — самый быстрый способ привлечь инвестиции в развитие ВИЭ.

Среди организационно-управленческих препятствий развития ВИЭ:

Отсутствие федеральных планов (целей) по объемам использования отдельных видов ВИЭ и по перспективам ввода мощностей на базе ВИЭ. Наличие та-

ких планов на государственном уровне способствовало бы притоку частного капитала в эту сферу.

- в) Отсутствие специально уполномоченного федерального органа исполнительной власти, который занимался проблемой развития ВИЭ.

Среди информационных препятствий для развития ВИЭ:

Слабая осведомленность лиц, принимающих решения, как и всего общества о возможностях ВИЭ в решении проблем энергообеспечения регионов.

Миф о дороговизне оборудования ВИЭ и дороговизне энергии от этих источников.

Миф об особой вредности шума от ветроустановок, якобы губительного воздействующего на насекомых, а через них и на всю экосистему. Между тем, уже минимум 15 лет, как проблема низкочастотных колебаний решена.

Среди технических препятствий быстрого развития ВИЭ:

- а) недостатки комплектования. Потребителю обычно предлагается оборудование, а не установка (система), обеспечивающая тепло и свет, возможности приготовления пищи, удовлетворение интеллектуальных потребностей (телевизор).
- б) отсутствие на отечественном рынке ветроустановок средней и большой мощности. Единственная установка мощностью 1000 кВт разработки МКБ “Радуга” не доведена до рабочего состояния, хотя на ее доводку требуется 25–30 млн.руб.
- в) не развита инфраструктура по сервисному обслуживанию, ремонту, сооружению установок возобновляемой энергетики, учитывающая специфику оборудования.

Следует оговориться, что большинство этих препятствий уже не так прочны, но еще далеко не разрушены.

## **5.2. Почему развитие ВИЭ важно для России?**

В пользу необходимости использования ВИЭ в России, не смотря на наши внушительные запасы угля, газа и нефти, имеются следующие аргументы:

1. Использование ВИЭ стимулирует хозяйственное развитие и повысит качество жизни большого числа населенных пунктов, находящиеся в зоне автономного энергоснабжения, а также территории дефицитных энергосистем, и населенные пункты, находящиеся в зонах с неблагоприятной экологической обстановкой.
2. Использование ВИЭ не только сохраняет ископаемое органическое топливо для будущих поколений, но и увеличивает имеющийся экспортный потенциал нефти и газа.
3. Экономический потенциал ВИЭ в России огромен — 320 млн. т у.т. в год, что равно трети современного внутреннего потребления первичной энергии. Россия обладает всеми видами возобновляемых источников энергии, большинство субъектов Российской Федерации имеют ресурсы двух-трех видов.
4. Распространение ВИЭ оздоровит экологическую обстановку в России, позволяя сократить выбросы и сбросы различных загрязнителей тепловой и атомной энергетикой.
5. Энергохозяйство России интегрировано в мировую энергетику и Россию не могут не коснуться общемировые тенденции в энергетике, выражающиеся,

в частности, в широком использовании ВИЭ, как экологически чистых и неисчерпаемых источников энергии. Безнадежно отстать от мирового процесса для России не выгодно не только политически, но и экономически

### **5.3. Что нужно и что можно сделать для развития ВИЭ в России?**

Исходя из потребности развития ВИЭ, и объективных и субъективных предпосылок такого развития, можно так сформулировать минимальную реально достижимую цель :

Увеличение доли ВИЭ в объеме внутреннего потребления первичной энергии до 10% (без крупных и средних ГЭС) к 2030 г.

Увеличение доли ВИЭ в производстве электрической энергии (включая малые ГЭС) — до 5% от общего производства электроэнергии к 2030 г.

При определенных условиях эти минимальные цели могут быть достигнуты не к 2030 г. а к 2020 г. (вспомним, что Евросоюз ставит задачу достижения 20% производства электроэнергии от ВИЭ к 2020 году).

Сама собой, на энтузиазме увлеченных специалистов и робком участия бизнеса эта задача не может быть решена. Что же надо сделать для решения этой задачи?

На федеральном уровне необходимо принятие ряда решений. Среди них:

- \* Разработка и принятие закона о возобновляемой энергетике;
- \* Установление государственных целей по использованию ВИЭ в виде объема замещения органического топлива и/или вводимой мощности к 2008, 2010,

2015 и 2020 году (либо Указом Президента, либо постановлением Правительства, утверждающим Федеральную целевую программу использования ВИЭ до 2020 года, или комплекс программ по видам ВИЭ);

Действующие федеральные законы: «Лесной кодекс РФ» (№200 – ФЗ), «Водной кодекс РФ» (№ 74 – ФЗ), «О недрах» (№ 27 – ФЗ) не учитывают правовых отношений, возникающих, соответственно, при использовании лесных, малых водных и геотермальных ресурсов в энергетических целях. Необходимо разработать соответствующие дополнения в указанные федеральные законы.

- \* Определение органа федеральной исполнительной власти специально уполномоченного в области развития ВИЭ (указ Президента или постановление Правительства)
- \* Организация статистической отчетности по всем видам ВИЭ ( решение Госстата);
- \* Ускорение разработки технического регламента на оборудование и процессы использования ВИЭ, стандартизация и сертификация оборудования ВИЭ (федеральный закон, постановление Правительства)
- \* Установление в строительных нормах и правилах (СНиП) положений, обязывающих в составе проекта на новое строительство свиноферм, ферм крупного и мелкого скота, птицефабрик предусматривать в составе проектной документации сооружение установок по утилизации и обеззараживанию отходов.

Разработать мероприятия по стимулированию сооружения на действующих скотоводческих фермах и птицефабриках сооружений по утилизации отходов на

ближайшие 5–7 лет, а в проектах на сооружение зданий оздоровительного характера (санатории, дома отдыха, лагеря летнего отдыха и т.д.) предусматривать в системах тепло и электроснабжения использование возобновляемых источников энергии.

- \* Установление недискриминационного порядка подключения к сетям общего пользования (электрическим и тепловым) энергоисточников, не принадлежащих к энергоснабжающим организациям (постановление Правительства РФ, Постановление федерального органа исполнительной власти)
- \* Увеличение государственных бюджетных дотаций на строительство объектов ВИЭ (в объеме до 30% от стоимости промышленных (коммерческих) проектов и до 100% стоимости строительства демонстрационных проектов (указ Президента РФ, постановление Правительства)
- \* Образование фонда развития возобновляемой энергетики (например, за счет отчислений от инвестиционной составляющей тарифов на электрическую и тепловую энергию, а также отчислений от суммы торговли квотами на эмиссию парниковых газов (федеральный закон РФ, постановление Правительства РФ)
- \* Установление механизмов стимулирования использования ВИЭ (федеральный закон РФ, Постановление Правительства РФ, Постановление федерального органа исполнительной власти) в том числе:
  - образование системы федеральных грантов на разработку ТЭО проектов ВИЭ в субъектах РФ, имеющих утвержденную программу использования ВИЭ;



- предоставление кредитов по льготному проценту для любого участника процесса использования ВИЭ;
- предоставление заказчику строительства объекта ВИЭ отсрочки выплаты НДС на срок до 3-х лет после ввода объекта в эксплуатацию;
- запрещение Министерству финансов РФ увеличивать процент на кредит, предоставляемый заказчику строительства объекта ВИЭ зарубежными и отечественными инвесторами;
- отмену таможенных платежей на импорт оборудования ВИЭ, изготавливаемого за рубежом, и экспорт оборудования ВИЭ российских производителей;
- установление тарифов на электрическую и тепловую энергию, поставляемую от установки ВИЭ в сети общего пользования, обеспечивающих простой срок окупаемости объектов не более 5 лет.

На региональном уровне для быстрого развития ВИЭ необходимо, по меньшей мере:

- \* Разработка региональных программ использования ВИЭ с установлением перспективных (по меньшей мере — до 2020 г.) целей по использованию ВИЭ, исходя из необходимости надежного энергообеспечения населенных пунктов и субъекта РФ в целом (Решение администрации субъекта РФ)
- \* Использование региональных механизмов стимулирования использования ВИЭ, включая финансовую поддержку, выделение земли и т.п. (Решение администрации субъекта РФ) Все предложенные выше механизмы многократно обсуждались на конференциях и симпозиумах специалистов. Будем надеяться, что их прочтут и одобряют люди, принимающие ре-

шения. Практически все предложенные механизмы прекрасно зарекомендовали себя в других странах. Хочется верить, что Россия окажется восприимчивой к опыту других стран.

---

---

## Заключение

---

---

1. Развитие возобновляемой энергетики в мире вызвано следующими основными причинами:

- а) истощаемостью запасов органического топлива и неистощаемостью возобновляемых источников энергии;
- б) экологической чистотой возобновляемых источников энергии, при учете соответствующих технологических ограничений: в геотермальной энергетике — обратная закачка отработанной пароводяной смеси; в малой гидроэнергетике — создание гидротехнических сооружений, которые не препятствуют рыбиходу; в фотоэнергетике — переход на бесхлорные технологии получения кремния “солнечного качества”; в ветроэнергетике — учет путей миграции птиц и расположение ветроустановок на необходимом (200–300 м) расстоянии от жилья. Неоспоримое преимущество ВИЭ — отсутствие эмиссии парниковых газов и даже электростанции и котельные на биомассе или получаемом из нее газе или жидком топливе не увеличивают количество углекислого газа, поскольку при сжигании его выделяется столько, сколько было поглощено растениями и деревьями;
- в) стремлением обеспечить энергетическую безопасность и стабильность в мире, поскольку основные виды ВИЭ доступны всем странам (солнце, ветер, биомасса).

2. Доля возобновляемой энергии в производстве электрической энергии в мире с 16,5% включая круп-

ные ГЭС к 2020 году увеличился как минимум до 25%, при этом увеличение будет достигнуто за счет «новых» ВИЭ (ветер, солнце, биомасса, геотермальная энергия);

3. Развитие использования возобновляемых источников энергии приняло ускоренный характер, особенно быстрыми темпами развиваются фотоэлектричество 40–50% рост установленной мощности к предыдущему году и ветроэнергетика 25–35%. Ветроэнергетика в ряде случаев превратилась в самостоятельную отрасль электроэнергетики (Германия, Дания, Испания, Индия и отчасти США).

4. Ценный опыт в разработке и использовании ВИЭ, который имела Россия/СССР недалекоvidно потерян, и без срочной и мощной государственной поддержки страна может навсегда оказаться на обочине технического прогресса в области перспективной энергетики, с крайне негативными социально экономическими и общеполитическими последствиями.

5. Существенным недостатком только двух видов ВИЭ — энергии ветра и энергии солнца является их стохастический характер и, отсюда, необходимость аккумулирования. Аккумуляция солнечной энергии в виде тепла уже имеет простые технические решения, опробованные на практике и доказавшие свою экономичность. Аккумуляция электрической энергии в небольших количествах успешно решается аккумуляторами различных типов. Для больших ветро- и фотоэлектрических станций таким аккумулятором является электрическая сеть. Однако, дополнительного дублирования мощности в энергосистеме не происходит, поскольку в энергосистемах всегда есть резервная мощность порядка 10% от максимальной нагрузки.

Электростанции на базе остальных видов ВИЭ (гидро, биомасса, геотермальная энергия) лишены указанных недостатков.

6. Утверждение о высокой удельной стоимости установок ВИЭ и высокой стоимости энергии от них является мифом. В какой-то степени это было справедливо для середины девяностых годов. В настоящее время произошло выравнивание указанных выше стоимостей в результате того, что с ужесточением требований по экологии удельная стоимость традиционных электрических станций, особенно угольных, непрерывно возрастает, а удельная стоимость оборудования возобновляемой энергетики столь же непрерывно снижается. С учетом затраты общества на ликвидацию исследований загрязнения среды обитания человека и дополнительные капитальные вложения в топливные и транспортные предприятия, себестоимость энергии от возобновляемых источников энергии уже сейчас окажется существенно ниже, чем от топливных электростанций.

7. Развитием возобновляемой энергетики на государственном уровне занимаются различные страны : богатые и бедные, большие и малые, промышленно развитые и развивающиеся, обеспеченные собственными энергоресурсами и необеспеченные, индустриальные и аграрные, северные и южные.

8. Среди неотложных мер для преодоления отставания России в использования ВИЭ, сохранения запасов истощаемых органических топлив для будущих поколений, существенного улучшения энергоснабжения удаленных от электросетей населенных пунктов многих субъектов Российской Федерации, улучшения эко-

логической обстановки в местах отдыха и экологически напряженных районах:

- \* разработать и принять Федеральный закон “О возобновляемых источниках энергии”;
- \* разработать и принять Постановление Правительства “О мерах по развитию использования возобновляемых источников энергии” с указанием государственных целей по вводу мощностей на базе ВИЭ и мер по стимулированию достижения этих целей;
- \* разработать программу по использованию ВИЭ до 2020 года и обеспечить ежегодное финансирование из федерального бюджета в объеме 500–800 млн. рублей
- \* назначить федеральный орган исполнительной власти, отвечающий за развитие возобновляемой энергетики в России и региональные органы исполнительной власти, отвечающие за развитие использования ВИЭ в субъектах Российской Федерации (при наличии ресурсов ВИЭ);
- \* организовать Государственный центр по использованию возобновляемых источников энергии.

---

---

# Литература

---

---

1. Трайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. Пер. с англ. Под ред. В.А. Коробова. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 391 с.
2. Беляев Л.С., Марченко О.В., Филиппов С.П. Соломин С.В. Степанова Т.Б., Котерин А.Л. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. Новосибирск, 2000. – 268 стр.
3. Безруких П.П. Экономика и возможные масштабы развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии, Москва, изд. Института народно-хозяйственного прогнозирования, 2002, 78 стр.
4. Безруких П.П. Старков А.Н., Ландберг Л. (Дания), Борисенко М.М. Атлас Ветров России. Russin Wind Atlas/ на русском и английском языках, Москва «Можайск-Терра», 2000, — 560 стр.
5. Безруких П.П., Безруких П.П.-мл. Состояние и тенденции развития ветроэнергетики мира, «Электрические станции» № 10, 1998, стр. 58-64.
6. Безруких П.П., Сидоренко Г.И., Борисов Г.А. Использование и оценка ресурсов древесного топлива в России. Известия Академии Наук, Энергетика, 2002, стр. 24-35.
7. Стребков Д.С., Безруких П.П., Возобновляемая энергетика в третьем тысячелетии. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Сборник аналитических и нормативных материалов. Книга I / Под общ. ред. П.П. Безруких . – М.: АМИ-ПРЕСС, 2002, стр. 52-62.
8. Безруких П.П. Ветроэнергетика Европы: факты и комментарии. «Энергия. Экономика. Техника. Экология», 1996, № 8, стр. 25-30.
9. Безруких П.П. Нетрадиционная энергетика. Мифы, реальность, возможности, «Энергия», 1994, № 2, стр. 19-21, 1994 № 3, стр. 7-13, 1994, № 4, стр. 19-21
10. Безруких П.П. Концепция развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России, «Мировая электроэнергетика», 1996, № 3 стр. 22-26.

11. Безруких П.П., Безруких П.П.-мл. Что может дать энергия ветра. Ответы на 33 вопроса, изд. НИЦ «Инженер», Москва, 1998 г., Москва, изд. «Недра», 2002, 39 стр.
12. Безруких П.П. Нетрадиционная возобновляемая энергетика – взгляд в будущее, «Нефтяное хозяйство», 2001, № 3, стр. 10-14.
13. Стребков Д.С., Безруких П.П. Новые экологически чистые энергетические технологии. Всероссийский энергетический форум «ТЭК России в 21 веке. Актуальные вопросы и стратегические ориентиры» 18-19 декабря 2002 г. Сборник докладов М. 2002, стр. 95-98.
14. Безруких П.П., Стребков Д.С., Береснев М.А. Возобновляемая энергетика и сельская электрификация. «Энергосбережение в сельском хозяйстве». Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. 5-7 октября 1998 г. Москва, ч. П, ВИЭСХ, 1998, стр. 153-155.
15. Безруких П.П., Стребков Д.С. Нетрадиционная возобновляемая энергетика в Море и России. Состояние, проблемы, перспективы.//Энергетическая политика. 2001, вып. 3, стр. 3-22.
16. Безруких П.П., Стребков Д.С. Перспективные технологии возобновляемой энергетики. VI симпозиум «Электротехника 2010» том 1, - М. ТРАВЭК, ВЭИ, 201, стр. 104-108.
17. Безруких П.П. Экономические проблемы нетрадиционной энергетики, «Энергия». 1995, № 8 стр. 2-5.
18. Тарнижевский Б.В. Абуев И.М. Технический уровень и освоение производства плоских солнечных коллекторов в России. Теплоэнергетика, 1997, № 4, с. 13-15.
19. Лидоренко Н.С., Евдокимов В.М., Стребков Д.С. Развитие фотоэлектрической энергетики. М., Информэлектро, 1988. – 52 стр.
20. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Борисов Т.А., Виссарионов В.И., Пузаков В.Н., Сидоренко Г.И., Шпак А.А. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. С.-Пб.: Наука, 2002 – 314 с.
21. Дьяков А.Ф., Перминов Э.М., Шакарян Ю.Г. Ветроэнергетика России. Состояние и перспективы развития. М.: Изд-во МЭИ, 1996 г. – 219 с.
22. Доброхотов В.И., Шпильрайн Э.Э. Нетрадиционные возобнов-



- ляемые источники энергии. Проблемы и перспективы // Теплоэнергетика. 1996. № 5, с. 2-9.
23. Малая гидроэнергетика / Л.П. Михайлов, Б.Н. Фельдман, Т.К. Марканова и др./ Под ред. Л.П. Михайлова. М.: Энергоиздат, 1989 г. – 184 с.
24. Бреусов В.П., Елистратов В.В. Обоснование комбинированных систем, работающих на энергии возобновляемых источников. // Известия Академии Наук. Энергетика. 2002. № 6, с. 36-40.
25. Шпак А.А., Мелькановицкий И.М., Серенников А.И. Методы изучения и оценки геотермальных ресурсов. М.: Недра, 1992, — 316 с.
26. Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии. М.: изд-во ГНУ ВИЭСХ, 2005 — 264 с.
27. Оборудование возобновляемой и малой энергетики. Справочник –каталог. Под ред. Безруких П.П. М.: изд-во ООО ИД «Энергия», 2005, - 245 с.
29. Концепция использования ветровой энергии в России. Под ред. Безруких П.П. М.: Изд-во НТЦ малой энергетики ОАО «НИИЭС», 2005, - 126 с.
31. Бушуев В.В., Безруких П.П. Пути и проблемы перехода к экологически чистой энергетике будущего. М.: ГУ «Институт энергетической стратегии, // Энергетическая политика, 2006, № 6, с. 3-15.
32. Безруких П.П., Бушуев Д.А., Пузаков В.Н. Горизонты возобновляемой энергетики. М.: из-во ГУ «Институт энергетической стратегии» // Энергетическая политика, 2006, № 6, с. 24-33.
33. Легасов В.А., Кузьмин И.И., Черноплеков А.Н. Влияние энергетики на климат. // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1984. Т. 20, №11. с. 1089–1103.

---

---

# **Приложение 1.**

## **Финансовые льготы для развития ветроэнергетики в США (в прошлом и настоящем)**

---

---

### **Федеральные льготы для энергетического бизнеса**

В Соединенных Штатах налоговая система часто используется для проведения в жизнь той или иной социальной или экономической политики, поскольку она является постоянно действующим средством перераспределения денежных средств между юридическими или физическими лицами и федеральным правительством. Для предоставления льгот какому-либо классу налогоплательщиков — юридических и/или физических лиц — этим группам даются льготы в виде скидок с выплачиваемых ими налогов или в виде вычетов. В отношении американских производителей электроэнергии, некоторые из которых не платят налоги ввиду их “некоммерческого” статуса, например, муниципальные или кооперативные энергетические управления, то для них предоставление льгот осуществляется в виде прямых выплат от федерального правительства.

В самом начале развития ветроэнергетики в США для стимулирования развивающихся рынков ветроустановок для коммерческой и жилой сферы использовались инвестиционные налоговые скидки. Введенные согласно Закону о налогах в области энергетики 1978 г. (Публичному закону 95–618), эти скидки имели целью стимулирование инвестиций в проекты с высокой

степенью риска, позволяя физическим лицам и компаниям уменьшить сумму выплачиваемого ими налога на доход путем приобретения акций ветроэнергетических станций. Физическим лицам предоставлялась скидка в размере 30% за первые 2000 долларов и 20% за следующие 8000 долларов, вложенные в создание ветроэнергетических систем, при этом максимальный размер скидки составлял сумму в 2200 долларов, которую можно было разложить на несколько лет. Предприятиям давалась энергетическая налоговая скидка в размере 10%, дополнительно к обычной 10%-ной ставке, предоставляемой за приобретение оборудования, расчетный срок эксплуатации которого превышал пять лет. Эти льготы в 1985 году были отменены, однако в начале 1980-х г. г. они позволили быстро создать рынки. Эти скидки эффективно простимулировали вложение нескольких миллиардов долларов в высоко рискованные инвестиции, однако во многих случаях проекты через несколько лет проваливались по финансовым причинам, а также в связи с техническими проблемами оборудования начального периода. Полученные уроки подчеркнули необходимость льгот, обеспечивающих производство электроэнергии в расчете на долгосрочные выгоды, и инвестиций в расчете на быстрые результаты.

Законом об энергетической политике 1992 г. (Закон ЭП ) (Публичный закон 102–486) были установлены льготы для производства энергии, введенные с целью стимулирования использования ветра и других технологий, основанных на возобновляемых источниках.

## **Скидка по налогу на производство (РТС) для компаний**

Раздел 1914 Закона ЭП, с дополнениями и изменениями, предусматривает РТС на 10-летний период в размере 0,015 долл./кВтч на электроэнергию, выработанную новыми, отвечающими применяемым требованиям мощностями и реализованную сторонним предприятиям. Первоначальный период применимости был назначен с 1 января 1994 г. до 31 декабря 2001 г., однако он продлен до 31 декабря 2003 г. Существуют новые законодательные предложения, продлевающие этот период по крайней мере до 2006 г. Величина скидки ежегодно пересматривается в зависимости от темпов инфляции. Скорректированная ставка на 2002 год равна 0,018 долл./кВтч. Эта налоговая скидка предназначена для “коммерческих” производителей электроэнергии, таких как энергокомпании, принадлежащие инвесторам, или электрогенерирующие компании, платящие налоги с корпораций. В расчете на весь срок эксплуатации, величина РТС меньше указанной выше ставки, поскольку она предоставляется только в течение первых десяти лет работы объекта.

## **Льгота за производство возобновляемой электроэнергии (REPI) для некоммерческих производителей электроэнергии**

Раздел 1212 Закона ЭП предусматривает стимулирующие выплаты за производство в размере до 0,015 долл./кВтч в первые десять лет работы объекта (с корректировкой на инфляцию, в настоящее время эта ставка равна 0,018 долл./кВтч) за электроэнергию, выработанную муниципальными, кооперативными или государственными энергокомпаниями, которые не платят налогов.

Эти льготы осуществляются путем прямых выплат из расчета фактической выработки электроэнергии конкретным объектом за предыдущий год. Соответствующие денежные средства поступают из бюджетных ассигнований, утвержденных Конгрессом. В 2001 г. сумма платежей REPI за ветроэлектроэнергию, выработанную за предыдущий год, составила 1.273.385 долларов.

Еще одной мерой стимулирования развития ветроэнергетической отрасли, введенной в начале 1980-х гг. и действующей по сей день, является ускоренная амортизация ветроэнергетического оборудования. Амортизация оборудования представляет собой неденежные издержки, приближенно выражающие потерю ценности активов со временем, и определяется как та часть капиталовложений, которую можно вычесть из налогооблагаемого дохода в любом конкретном году. Закон о налогах при амортизации издержек (Публичный закон 97–34) предусматривает сокращенный срок амортизации с целью ускоренного возмещения себестоимости для инвестиций в оборудование. Согласно налоговым правилам, для ветроэнергетического оборудования предусматривается 5-летний срок службы для начисления износа — существенно короче, чем сроки амортизации для капиталовложений в невозобновляемые электроэнергетические мощности, и намного короче, чем нормальный расчетный срок службы оборудования, составляющий 30 лет и более. Ускоренная амортизация ведет к тому, что выигрыш на налогах получают в начале эксплуатации объекта, и инвесторы предпочитают этот способ, потому что чистый доллар, остающийся после уплаты налогов, сегодня стоит больше, чем через несколько лет.

Отсутствие зарегулированности сферы коммунальных предприятий также явилось фактором, стимулирующим создание ветроэнергетических объектов. Закон о регулировании и политике в области коммунальных предприятий 1978 г. изъял из сферы применения многих правил группу небольших (менее 80 МВт) производителей электроэнергии, не относящихся к коммунальной сфере. Закон ЭП освободил производителей электроэнергии, не относящихся к коммунальной сфере, от действия ряда ограничений и обеспечил им доступ к сети, позволивший им конкурировать на уровне оптовых продаж.

### **Финансовые льготы, предоставляемые отдельными штатами**

Льготы, предоставляемые отдельными штатами, широко различаются и, как и федеральные льготы, часто используют существующие в данном штате системы налогообложения или определения цен на электроэнергию для реализации или передачи намеченных привилегий. Поскольку штаты осуществляют юрисдикцию в области налогообложения и политики в отношении выработки электроэнергии, установления цен, деловых операций, а также налогов на доходы и имущество, именно эти сферы часто претерпевают сокращения или изменения с целью стимулирования использования ветра и другой возобновляемой энергии. Экономически выгодные значения этих льгот для ветроэнергетических предприятий весьма различны, в зависимости от конкретного применения. В некоторых случаях для получения дополнительных преимуществ возможно совместное использование нескольких льгот. Ниже приведены, в порядке значимос-

ти и применимости, некоторые из льгот, используемых в настоящее время в разных штатах:

### **Нормы по портфелю возобновляемой энергии**

Требуют от розничных поставщиков электроэнергии предоставлять определенный минимальный процент электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников, в течение данного периода времени, позволяя им всем конкурировать между собой за наименьшую стоимость. Одновременно, система торговли скидками позволяет поставщикам электроэнергии продавать скидки за дополнительно произведенную ими возобновляемую электроэнергию или, если у них не хватает возобновляемой электроэнергии, они могут приобрести скидки для покрытия разницы. В сентябре 2002 г. Калифорния стала последним штатом, который ввел в действие Нормы по портфелю, поставив задачу получения от возобновляемых источников

20% электроэнергии к 2017 г. Экономически выгодное значение этой льготы равно 0,05–0,08 долл./кВтч.

Надбавка в пользу развития системы — Ко всей электроэнергии, продаваемой в каком-либо данном штате, может быть сделана небольшая надбавка. Получаемый доход используется для объектов и программ возобновляемой энергии. Экономически выгодное значение — от 0,006 до 0,036 долл./кВтч.

Ценообразование за “зеленую” электроэнергию — За электроэнергию, полученную путем использования ветра или других возобновляемых источников, предлагают повышенные цены или цены с надбавкой. В некоторых штатах законодательство требует от регулируемых коммунальных предприятий предлагать “зеленые” цены,

поскольку в противном случае на нерегулируемых рынках получили бы предпочтение варианты с меньшей ценой. Экономически выгодное значение составляет от 0,005 до 0,0325 долл./кВтч, при этом десять лучших программ взимают с потребителей надбавку в размере от 0,0017 до 0,019 долл./кВтч сверх обычного тарифа на электроэнергию.

Освобождение от налога с продаж — Отказ от налога с продаж на закупки ветротурбинного оборудования. Экономически выгодное значение — от 0,002 до 0,004 долл./кВтч.

Освобождение от налога на имущество — Снижение или отказ от ежегодных налогов на осуществление конструктивных улучшений земельного участка. Экономически выгодное значение — от 0,001 до 0,01 долл./кВтч.

Гранты на капиталовложения — Для частичной компенсации покупной цены, напр., калифорнийский план компенсации стоимости ветротурбин малой мощности предлагает возврат переплаты (ценовую скидку) в размере 4500 долл./кВтч за часть, вплоть до 50%, стоимости ветроэнергетических систем мощностью до 10 кВт. Экономически выгодное значение — от 0,004 до 0,06 долл./кВтч.

Стандартные контракты на поставку электроэнергии (для небольших рассредоточенных объектов) — Для упрощения подключений станции. Экономически выгодное значение трудно определить в числовом выражении.

Дешевые кредиты — Снижение стоимости финансирования объекта с льготными условиями. Экономически выгодное значение — от 0,007 до 0,012 долл./кВтч.



**Серия «Экологическая политика»**

**Павел Безруких**

**ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА:  
СЕГОДНЯ — РЕАЛЬНОСТЬ,  
ЗАВТРА — НЕОБХОДИМОСТЬ**

Издательство: ООО «Лесная страна»,  
107076 Москва, ул. Стромынка, 19, корп. 2,  
E-mail: strana@forest.ru

Подписано в печать 28.11.2007 г.  
Формат 84х108 1/32. Усл. печ. л. 6,3.  
Тираж 1 500 экз. Заказ .  
Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии ООО «Реклайн»,  
424007, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, 117  
E-mail: rekline@mail.nnov.ru



## Серия «Экологическая политика»



Родился в 1936 году, доктор технических наук, академик Российской инженерной академии, специалист в области возобновляемой энергетики, автор и соавтор 160 научных работ и 10 патентов РФ. Заведующий научно-исследовательской лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-испытательного института «Энергосетьпроект» (1975-1979 гг.), зав. отделом по стандартизации электрического и энергетического оборудования ВНИИМАШ (1979-1986 гг.); главный специалист по вопросам энергосбережения и возобновляемым источникам энергии в Бюро ЦМ СССР по топливно-энергетическому комплексу (1986-1992 гг.); нач. отдела нетрадиционной энергетики Министерства топлива и энергетики РФ, первый зам. начальника Управления энергосбережения и нетрадиционных видов энергии, нач. Управления научно-технического прогресса Минэнерго России (1992-2004 гг.). Зам. Ген. директора Института энергетической стратегии, Председатель Комитета Российского Союза научных и инженерных общественных организаций, академик-секретарь секции «Энергетика» Российской Инженерной Академии.

Заслуженный энергетик Российской Федерации, Почетный работник топливно-энергетического комплекса России, Заслуженный работник Минтопэнерго России.

[www.yabloko.ru](http://www.yabloko.ru)

