

Глава 10

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

При существующем уровне научно-технического прогресса энергопотребление может быть покрыто лишь за счет использования органического топлива (уголь, нефть, газ), гидроэнергии и атомной энергии на основе тепловых нейтронов. Однако по результатам многочисленных исследований органическое топливо к 2020 году может удовлетворить запросы мировой энергетики только частично. Остальная часть энергопотребности может быть удовлетворена за счет других источников энергии — нетрадиционных и возобновляемых.

К нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии (НВИЭ) относятся: солнечная, ветровая, геотермальная; энергия морских волн, приливов и океана; энергия биомассы, древесины, древесного угля, торфа, тяглового скота, сланцев, битуминозных песчаников; наконец, гидроэнергия больших и малых водотоков.

Возобновляемые источники энергии — это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии. Возобновляемая энергия не является следствием целенаправленной деятельности человека, и это ее отличительный признак.

Невозобновляемые источники энергии — это природные запасы веществ и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии. Примером тому могут служить ядерное топливо, уголь, нефть, газ. Энергия невозобновляемых источников, в отличие от возобновляемых, находится в природе в связанном состоянии и высвобождается в результате целенаправленных действий человека.

Виды нетрадиционных возобновляемых источников энергии и технологии их освоения

Солнечная энергия

Основным видом «бесплатной» неиссякаемой энергии справедливо считается *Солнце*. Оно каждую секунду излучает энергию в тысячи миллиардов раз большую, чем при ядерном взрыве 1 кг урана-235.

Наиболее просто использовать солнечную энергию для получения тепла для горячего водоснабжения. *Солнечные водонагревательные установки (СВУ)* широко распространены в странах с жарким климатом. Например, в Израиле закон требует, чтобы каждый дом был оснащен СВУ. В США СВУ повсеместно используются для подогрева воды в бассейнах. Вклад СВУ в энергетический баланс США эквивалентен примерно 2 млн тонн условного топлива (т. у. т.) в год. Основным элементом СВУ является плоский солнечный коллектор, воспринимающий солнечную радиацию и преобразующий ее в полезное тепло. Поэтому обычно масштаб использования СВУ оценивают площадью установленных солнечных коллекторов. Суммарная площадь коллекторов, установленных сегодня в мире, оценивается в 50–60 млн м², что обеспечивает получение тепловой энергии, эквивалентной 5–7 млн т. у. т. в год. В европейских странах к концу 2000 года действовало 11,7 млн м² коллекторов.

Солнечные коллекторы

В состав солнечных коллекторов входит поглотитель (зачерненный металлический — чаще всего это алюминиевый лист) с трубками, по которым протекает теплоноситель. Коллекторы устанавливаются неподвижно на крышах домов под углом к горизонту, равным широте местности, или монтируются в кровлю. В зависимости от условий инсоляции в коллекторах теплоноситель нагревается на 40–50° выше, чем температура окружающей среды. Такие системы применяются в индивидуальном жилье, практически полностью покрывая потребность населения в горячей воде, в районных отопительных установках, а также для получения технологической тепловой энергии в промышленности. Солнечные коллекторы производятся во многих городах России, и стоимость их вполне доступна.

В России СВУ на сегодня не нашли сколько-нибудь значительного распространения, что, с одной стороны, связано с относительно низкой стоимостью традиционных топлив, а с другой — с бытующим мнением о недостаточной инсоляции в большинстве регионов России.

Вместе с тем, в последние годы для всей территории России проведено тщательное исследование прихода солнечной энергии на поверхности, тем или иным образом ориентированные в пространстве, и показано, что практически для всех регионов страны, включая высокие широты, применение СВУ в течение 3–6 месяцев в году экономически оправдано.

В эти же годы рядом промышленных предприятий разработаны новые типы солнечных коллекторов, применение которых в СВУ вместо импортных делает эти установки экономически более привлекательными. В связи с этим интерес к использованию СВУ в стране, особенно в южных регионах (Ростовская область, Ставропольский и Краснодарский края, Дагестан, Калмыкия, Бурятия), возрос. Хотя в летнее время даже в Сибири достаточно солнца, чтобы использовать СВУ. Представляет также интерес использование солнечных коллекторов в сочетании с тепловыми насосами (ТН), в том числе для отопления.

Для преобразования солнечной энергии в электроэнергию могут быть использованы как термодинамические методы, так и прямое преобразование с помощью фотоэлектрических преобразователей (ФЭП).

Сегодня в США работают 7 электростанций общей мощностью 354 МВт (э), использующие *параболоцилиндрические концентраторы солнечной радиации* (рис. 10.1) и термодинамический метод преобразования. Известны проекты сооружения подобных солнечных электростанций (СЭС) в ряде стран так называемого *солнечного пояса* (Мексика, Египет и др.). Для России, с учетом характеристик солнечной радиации, подобные СЭС сегодня не представляют сколько-нибудь значительного интереса.

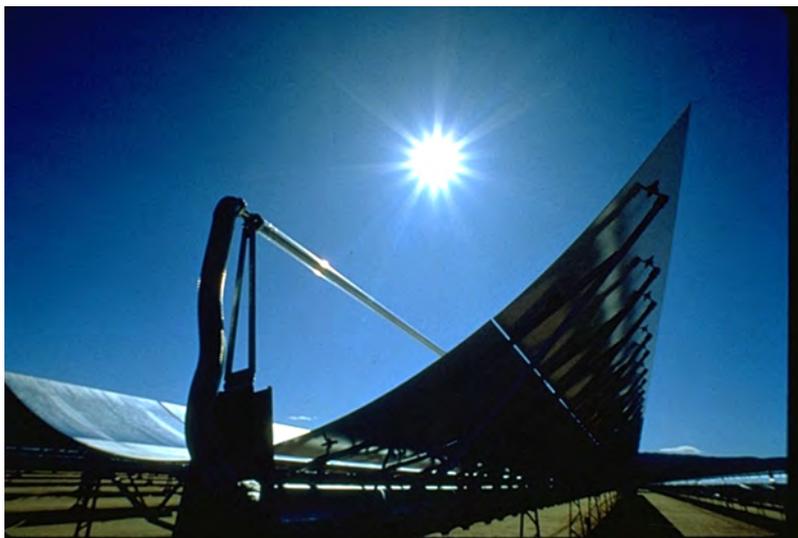


Рис. 10.1. Коллектор парабоцилиндра и солнце

Фотозлектрические преобразователи, напротив, находят все большее применение в самых разных регионах. В отличие от СЭС с концентраторами, ФЭП используют не только прямое, но и рассеянное излучение и не требуют дорогостоящих устройств для слежения за солнцем.

Рынок ФЭП развивается весьма динамично. Суммарная мощность установленных в мире ФЭП на 2002 год превысила 500 МВт. Это обусловлено принятием в ряде стран национальных программ, предусматривающих широкое внедрение ФЭП («100 тысяч солнечных крыш» в Германии, «100 тысяч солнечных крыш» в Японии, «миллион солнечных крыш» в США). Быстрыми темпами растет и производство ФЭП, достигшее 1 ГВт в год. Япония и Германия прогнозируют в ближайшие годы выход на годовые объемы производства до 500 МВт каждая. Массовое производство ФЭП ведет к их удешевлению. Сегодня модули ФЭП на мировом рынке стоят около 4 долл. за пиковый ватт, что при удовлетворительной инсоляции приводит к стоимости электроэнергии в 15–20 цент/кВтч. Особенно велик рынок ФЭП в развивающихся странах. Установки сравнительно небольшой мощности в единицы кВт представляют сегодня практически единственную возможность приобщить сельское население этих стран к современной цивилизации.

В настоящее время на мировом рынке присутствуют тысячи фирм, создающих различные установки с ФЭП, но только десятки фирм, в том числе в России, умеют делать солнечные элементы. С середины 90-х годов прошлого века в России инициированы работы по совершенствованию ФЭП и развертывание их опытно-промышленного производства. Так, технология изготовления ФЭП была разработана и внедрена в производство на фирме «Солнечный Ветер» (г. Краснодар) и ОКБ «Красное знамя» (г. Рязань). Это позволило выйти на мировой рынок и увеличить поставки ФЭП за рубеж. Та же фирма «Солнечный Ветер» поставляет свою продукцию в более чем 10 стран.

Несмотря на положительные тенденции мирового рынка, высокая стоимость электроэнергии от ФЭП сдерживает их более широкое применение. Эта высокая стоимость обусловлена дороговизной как основного материала (как правило, кремния высокой чистоты), так и технологического процесса. Поэтому в мире и в России ведутся интенсивные исследования и разработки, направленные на удешевление ФЭП. Одно из перспективных направлений — создание высокоэффективных ФЭП с концентраторами солнечного излучения. Наиболее интенсивно исследования в этой области проводятся в США и в России. КПД разработанных в США солнечных элементов (СЭ) на основе монокристаллического кремния достигает 20–25 % при концентрации в 10–100 солнц и рабочей температуре 250 °С. При большей концентрации эти СЭ требуют принудительного охлаждения, ибо их КПД существенно снижается с ростом температуры (на $\frac{1}{3}$ при повышении температуры на 100 °С). Для работы при концентрации в 300–1000 солнц более перспективны СЭ на основе системы «арсенид галлия — арсенид алюминия», впервые разработанной в ФТИ им. А. Ф. Иоффе. Значения КПД каскадных СЭ на основе GaAs, достигнутые в США и России (ФТИ им. А. Ф. Иоффе), составляют около 30 % при концентрации в 500–1000 солнц и при реальных рабочих температурах 60–80 °С. Поэтому, несмотря на более высокую стоимость арсенида галлия, цены на энергоустановки с концентрацией по оценкам окажутся приблизительно в 2 раза ниже плоских кремниевых.

Как уже упоминалось, электроэнергия от светового потока может производиться двумя путями: путем прямого преобразования в фотоэлектрических установках либо за счет нагрева теплоносителя, который производит работу в том или ином термодинамическом цикле. Прямое фотоэлектрическое преобразование солнечного излучения в электрическую энергию используется на фотоэлектрических или солнечных станциях, работающих параллельно с сетью, а также в составе гибридных установок для автономных систем («экодомов» и пр.). Возможно также комбинированное производство электрической и тепловой энергии. В перспективе предполагается, что солнечной энергии будет придаваться большое значение вследствие ее щадящего воздействия на окружающую среду по сравнению с большинством других источников энергии. Это со временем выльется в относительную экономичность, однако пока удельные капитальные вложения в фотоэлектрические установки превышают традиционные в пять и более раз.

Ветровая энергия

Скорость и направление *ветра* меняются подчас очень быстро и непредсказуемо, что делает его менее «надежным», чем Солнце. Таким образом, возникают две проблемы, которые необходимо решить в целях полноценного использования энергии ветра. Во-первых, это возможность «ловить» кинетическую энергию ветра с максимальной площади. Во-вторых, еще важнее добиться равномерности, постоянства ветрового потока. Вторая проблема пока решается с трудом. Может быть, одним из решений станет внедрение новой технологии по созданию и использованию искусственных вихревых потоков.

Наиболее распространенным типом ветровых установок (ВЭУ) является *турбина крыльчатого типа* с горизонтальным валом и числом лопастей от 1 до 3 в фиксированном положении с небольшой регулировкой угла наклона. Турбина, мультипликатор и электрогенератор размещаются в гондоле, установленной на верху мачты. В последних моделях ВЭУ используются асинхронные генераторы переменной мощности, а задачу доведения вырабатываемой энергии до нужных кондиций выполняет электроника. Распространение крыльчатых ветроагрегатов объясняется величиной скорости их вращения, возможностью соединяться непосредственно с генератором электрического тока без мультипликатора и высоким коэффициентом использования энергии ветра.

Другая популярная разновидность ВЭУ — *карусельные ветродвигатели*. Они тихоходны, что позволяет использовать простые электрические схемы (например, с асинхронным генератором) без риска потерпеть аварию при сильном порыве ветра. Тихоходность выдвигает одно ограничивающее требование — использование многополюсного генератора, работающего на малых оборотах. Такие генераторы не имеют широкого распространения, а использование мультипликаторов неэффективно из-за низкого КПД последних. Карусельный лопастный ветродвигатель наиболее прост в эксплуатации. Его конструкция обеспечивает максимальный момент при запуске ветродвигателя и автоматическое саморегулирование максимальной скорости вращения в процессе работы. Еще более важным преимуществом карусельной конструкции стала ее способность без дополнительных ухищрений следить за тем, «откуда дует ветер», что весьма существенно для приземных рыскающих потоков.

Использование энергии ветра — сегодня чрезвычайно динамично развивающаяся отрасль мировой энергетики. Если суммарная установленная мощность ветровых энергоустановок (ВЭУ) в мире в 2000 году составляла 17,8 ГВт, то в 2002 году она достигла уже 31,1 ГВт. По данным на 2002 год, странами — лидерами по установленной мощности (ГВт) ВЭУ являлись: Германия — 12; Испания — 4,8; США — 4,7; Дания — 2,9; Индия — 1,7.

Тенденцией последних десятилетий является непрерывный рост единичной мощности сетевых ВЭУ. Еще 10 лет назад типичной ВЭУ в составе ветровых ферм была установка мощностью 300–500 кВт. В 2000–2002 годах серийной стала ВЭУ

мощностью 1–1,2 МВт. Некоторые фирмы начали производить еще более крупные установки — до 4,5 МВт — в основном для применения на шельфе, где наиболее благоприятны характеристики ветра. Это приводит к снижению стоимости установленного киловатта, которая сегодня находится на уровне 1000 долл./кВт, и стоимости вырабатываемой электроэнергии.

При благоприятных характеристиках ветра стоимость электроэнергии, вырабатываемой крупной ветровой фермой, приближается к стоимости на топливных электростанциях. Все крупные ВЭУ работают совместно с сетью, и их суммарная мощность не должна превышать 15–20 % от емкости сети.

В России до недавнего времени развитию ветроэнергетики не уделялось должного внимания. Разрабатывавшиеся в конце прошлого века ВЭУ мощностью в 250 кВт не были доведены до необходимых требований по надежности и эффективности. Аналогичной оказалась судьба разработки ОКБ «Радуга» ВЭУ мощностью в 1 МВт. Поэтому практически все крупные ВЭУ, действующие сегодня в России, укомплектованы импортными агрегатами (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Крупные ВЭУ, действующие сегодня в России

Энергосистема	Площадка	Суммарная мощность, МВт	Производитель
«Янтарьэнерго»	Калининградская обл.	5,1	«Vestas» (Дания)
	Чукотка	2,5	НПО «Южмаш» (Украина), НПО «Ветроэн» (Россия)
«Башкирэнерго»	С. Тюпкельды	2,2	«HAG» (Германия)
«Комиэнерго»	Воркута	1,5	НПО «Южмаш» (Украина), НПО «Ветроэн» (Россия)
«Калмэнерго»	Элиста	1,0	МКБ «Радуга» (Россия)
«Камчатскэнерго»	О. Беринга	0,5	«Micon» (Дания)
«Ростовэнерго»	Волгодонск	0,3	«HSW» (Германия)

Тем не менее, хоть в России и не налажено производство крупных ВЭУ, у нас есть весьма развитая производственная база по выпуску автономных ветроустановок малой мощности: от 0,04 до 16 кВт, в том числе ветро-дизельных агрегатов. Около 10 изготовителей готовы выпускать такие ВЭУ, а некоторые из них (ЦНИИ «Электроприбор», Санкт-Петербург) поставляют свои изделия за границу. В России потенциальный рынок для таких установок велик, однако расширение выпуска не происходит из-за малого платежеспособного спроса. Для более широких поставок за границу, прежде всего в развивающиеся страны, необходима сертификация установок по международным стандартам и наладка гарантийного и сервисного обслуживания.

Энеркон Е-126 — самый большой ветрогенератор в мире

Энеркон Е-126 (Enercon E-126) на сегодняшний день — самый большой ветрогенератор в мире. Он удерживает абсолютное лидерство по количеству производимой энергии и является одним из самых больших по габаритным размерам. Можно сказать, что это детище немецкого концерна «Энеркон» (специализирующегося на производстве ветрогенераторов) стало воплощением мечты человека делать энергию, а соответственно, и деньги, прямо из воздуха.



Рис.10.2. Энеркон Е-126

Первый Е-126 был установлен в 2007 году в Эмдене, Германия. На тот момент декларируемая мощность ветрогенератора составляла 6 МВт. Позднее, в 2009 году, конструкцию турбины немного доработали и мощность возросла до 7,58 МВт, делая Е-126 самым мощным ветрогенератором в мире. Хотя, конечно же, стоит понимать, что мощность не является постоянной величиной: она постоянно колеблется и напрямую зависит от силы ветра (рабочая скорость вращения ротора составляет от 5 до 11,7 об/мин).

А вот что является постоянным, так это размеры ветряка: высота колонны-основания составляет 135 метров, диаметр ротора — 127 метров. Таким образом, когда верхняя лопасть Е-126 становится вертикально вверх, общая высота конструкции достигает 198 метров. Вес всей конструкции — около 6 тыс. тонн.

На конец 2011 года несколько десятков таких ветряных мельниц уже было установлено по всей Европе. Еще более сотни находятся в стадии строительства.

Технические характеристики ветрогенератора ENERCON E-126 (7,5 МВт)

- Номинальная мощность: 7500 кВт.
- Диаметр ротора: 127 м.
- Высота башни: 135 м.

- Ветровая зона (DIBt): WZ III.
- Класс ветра (IEC): IEC/NVN IA.
- Тип турбины: трансмиссия отсутствует, с переменной скоростью, с регулировкой каждой лопасти.
- Тип ротора: устанавливается против ветра, активный контроль шага винта.
- Направление вращения: по часовой стрелке.
- Количество лопастей: 3.
- Заметаемая площадь: 12 668 м².
- Материал лопасти: эпоксидная смола (GRP), встроенная молниезащита.
- Скорость вращения: переменная, 5–11,7 об/мин.
- Контроль шага лопасти: независимая система контроля шага каждой лопасти с независимым источником питания ENERCON.
- Привод напрямую соединен с генератором.
- Башня: жесткая.
- Главный подшипник двухрядный конический / цилиндрические роликовые подшипники.
- Генератор: ENERCON с прямым приводом кольцевого генератора.
- Подключение к энергосети: с помощью инвертора ENERCON.
- Системы торможения: три независимые системы контроля шага винта с аварийным источником питания, системы торможения и блокировки ротора.
- Контроль курсовой устойчивости: активный с помощью регулировки передач, в зависимости от нагрузки.
- Интервал скоростей ветра: 28–34 м/с (шторм-контроль ENERCON).
- Удаленный мониторинг: с помощью ENERCON SCADA.

Малая гидроэнергетика

Экономический потенциал *малых* и *мини-ГЭС* составляет примерно 10 % от общего экономического потенциала. Но используется этот потенциал менее чем на 1 %. Сейчас начинается процесс восстановления разрушенных и строительства новых малых и мини-ГЭС. Однако малые ГЭС, построенные путем полного перепрофилирования русла рек плотинами, обладают всеми недостатками наших гигантов энергетики (ГЭС) и, строго говоря, вряд ли могут быть отнесены к экологически чистым видам энергии.

Бесплотинные микро-ГЭС для рек, речушек и даже ручьев существуют уже давно. Бесплотинная ГЭС мощностью в 0,5 кВт в комплекте с аккумулятором обеспечит энергией крестьянское хозяйство или геологическую экспедицию, отгонное пастбище или небольшую мастерскую. Роторная установка диаметром 300 мм и весом всего 60 кг выводится на стремнину, притапливается на придонную «лыжу» и тросами закрепляется с двух берегов. Бесплотинная мини-ГЭС, успешно зарекомендовавшая себя на речках Горного Алтая, доработана до уровня опытного образца.

К малым ГЭС условно относят гидроэнергетические агрегаты мощностью от 100 кВт до 10 МВт. Меньшие агрегаты относятся к категории микро-ГЭС. Суммарная мощность малых ГЭС в мире сегодня превышает 70 ГВт.

Малая гидроэнергетика за последние десятилетия заняла устойчивое положение в электроэнергетике многих стран мира. В ряде развитых стран установлен-

ная мощность малых ГЭС превышает 1 млн кВт (США, Канада, Швеция, Испания, Франция, Италия). Они используются как местные экологически чистые источники энергии, работа которых приводит к экономии традиционных топлив, уменьшая эмиссию диоксида углерода. Лидирующая роль в развитии малой гидроэнергетики принадлежит КНР, где суммарная установленная мощность малых ГЭС превышает 13 млн кВт. В развивающихся странах создание малых ГЭС как автономных источников электроэнергии в сельской местности имеет огромное социальное значение. При сравнительно низкой стоимости установленного киловатта и коротком инвестиционном цикле малые ГЭС позволяют дать электроэнергию удаленным от сетей поселениям.

В России энергетический потенциал малых рек очень велик. Число малых рек превышает 2,5 млн, их суммарный сток превышает 1000 км³ в год. По оценкам специалистов сегодняшними доступными средствами на малых ГЭС в России можно производить около 500 млрд кВтч электроэнергии в год.

В середине XX века в России работало большое количество малых ГЭС, однако впоследствии предпочтение было отдано крупному гидроэнергостроительству, и малые ГЭС постепенно выводились из эксплуатации. Сегодня интерес к малым ГЭС возобновился. Несмотря на то, что их экономические характеристики уступают крупным ГЭС, в их пользу работают следующие аргументы. Малая ГЭС может быть сооружена даже при нынешнем дефиците капиталовложений за счет средств частного сектора экономики, фермерских хозяйств и небольших предприятий. Малая ГЭС, как правило, не требует сложных гидротехнических сооружений, в частности, больших водохранилищ, которые на равнинных реках приводят к большим площадям затоплений. Сегодняшние разработки малых ГЭС характеризуются полной автоматизацией, высокой надежностью и полным ресурсом не менее 40 лет. Малые ГЭС позволяют лучше использовать солнечную и ветровую энергию, так как водохранилища ГЭС способны компенсировать их непостоянство.

В 90-е годы прошлого века в России проблема производства оборудования для малых и микро-ГЭС в основном была решена. Особенно привлекательно создание малых ГЭС на базе ранее существовавших, где сохранились гидротехнические сооружения. Сегодня их можно реконструировать и технически перевооружить. Целесообразно использовать в энергетических целях существующие малые водохранилища, которых в России более 1000.

В стране имеется ряд предприятий, производящих и продающих гидроэнергетическое оборудование, отвечающее самым современным требованиям и не уступающее лучшим мировым образцам. С использованием этого оборудования малые ГЭС могут создаваться как полностью автономные, так и работать на сеть. Последнее требует разработки законодательства, регламентирующего взаимоотношения между индивидуальными производителями электроэнергии и сетью.

Волновая энергия

В структуре возобновляемых энергоресурсов весьма перспективным энергоносителем являются *океанские волны*. Специалисты утверждают, что уже сейчас за счет энергии океанских волн возможно получение электроэнергии производительностью до 10 млрд кВт. Это лишь незначительная доля совокупной мощности волн морей и океанов Земли. Вместе с тем, она больше мощности всех электростанций, работавших на земле в 1990 году. Наиболее совершенен проект «Кивающая утка», предложенный конструктором С. Солтером (S. Salter, Эдинбургский университет, Шотландия). Поплавки, покачиваемые волнами, дают энергию стоимостью всего 2,6 пенса за 1 кВт·ч, что лишь незначительно выше стоимости электроэнергии, которая вырабатывается новейшими электростанциями, сжигающими газ (в Британии это 2,5 пенса), и заметно ниже, чем дают АЭС (около 4,5 пенса за 1 кВт·ч).

Энергию приливов вполне можно «приручить» на приливных ГЭС, которые демонстрируют достаточно хорошие экономические показатели, но ресурс их ограничен – требуются специфические природные условия: узкий вход в бухту и т. п. Совокупная энергия приливов оценивается в $0,09 \cdot 10^{15}$ кВт·ч в год.

Энергия биомассы

Биомасса представляет собой весьма широкий класс энергоресурсов. Ее энергетическое использование осуществляется через сжигание, газификацию (термохимические газогенераторы, перерабатывающие твердые органические отходы в газообразное топливо), пиролиз и биохимическую переработку анаэробного сбраживания жидких отходов с получением спиртов или биогаза. Каждый из этих процессов имеет свою область применения и назначение.

Некоммерческое использование биомассы (проще говоря, сжигание дров) наносит большой ущерб окружающей среде. Хорошо известны проблемы обезлесения и опустынивания в Африке, сведения тропических лесов в Южной Америке. Вместе с тем, использование древесины от энергетических плантаций является примером получения энергии от органического сырья с суммарными нулевыми выбросами диоксида углерода.

Вклад биомассы в мировой энергетический баланс составляет около 12 %, хотя значительная доля биомассы, используемой для энергетических нужд, не является коммерческим продуктом и, как результат, не учитывается официальной статистикой. В странах Европейского Союза, в среднем, вклад биомассы в энергетический баланс составляет около 3 %, но с широкими вариациями: в Австрии – 12 %, в Швеции – 18 %, в Финляндии – 23 %.

Первичной биомассой являются растения, произрастающие на суше и в воде. Биомасса образуется в результате фотосинтеза, за счет которого солнечная энергия аккумулируется в растущей массе растений. Энергетический КПД собствен-

но фотосинтеза составляет около 5 %. В зависимости от рода растений и климатической зоны произрастания это приводит к различной продуктивности в расчете на единицу площади, занятой растениями. Для северных зрелых, медленно растущих лесов продуктивность составляет 1 т прироста древесины в год на 1 га. Для сравнения: урожай кукурузы (вся зеленая масса) в штате Айова, США в 1999 году составил около 50 т/га.

Для энергетических целей первичная биомасса используется в основном как топливо, замещающее традиционное ископаемое топливо. Причем речь, как правило, идет об отходах лесной и деревоперерабатывающей промышленности, а также об отходах полеводства (солома, сено). Теплотворность сухой древесины достаточно высока, составляя в среднем 20 ГДж/т. Несколько ниже теплотворность соломы – например, для пшеничной соломы она составляет около 17,4 ГДж/т. В то же время большое значение имеет удельный объем топлива, который определяет размеры соответствующего оборудования и технологию сжигания. В этом отношении древесина значительно уступает, например, углю. Для угля удельный объем составляет около 30 $\text{дм}^3/\text{ГДж}$, тогда как для щепы, в зависимости от породы дерева, этот показатель лежит в пределах 250–350 $\text{дм}^3/\text{ГДж}$, а для соломы удельный объем еще больше, достигая 1 $\text{м}^3/\text{ГДж}$. Поэтому сжигание биомассы требует либо ее предварительной подготовки, либо специальных топочных устройств. В частности, в ряде стран распространение получил способ уплотнения древесных отходов с превращением их в брикеты или, так называемые, *пелетки*. Оба способа позволяют получить топливо с удельным объемом около 50 $\text{дм}^3/\text{ГДж}$, что вполне приемлемо для обычного слоевого сжигания. Например, в США годовое производство пелеток составляет около 0,7 млн т, а их рыночная цена — около 6 долл. /ГДж при теплотворности около 17 ГДж/т.

В России использование отходов лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности для коммерческого производства электроэнергии и тепла пока достаточно ограничено. По данным Госкомстата в 2001 году в стране имелось 27 малых ТЭЦ с общей установленной мощностью 1,4 ГВт, использовавших биомассу совместно с традиционными топливами (мазут, уголь, газ). При этом собственно на биомассе выработано 2,2 млрд кВтч электроэнергии и 9,7 млн Гкал тепла из общей выработки 5,5 млрд кВтч и 24 млн Гкал (т. е. около 40 % от общей выработки).

Наряду с первичной растительной биомассой, значительный энергетический потенциал содержится в отходах животноводства, твердых бытовых отходах и отходах различных отраслей промышленности. Использование этого потенциала возможно термохимическими или биохимическими методами. В первом случае речь идет в основном о твердых бытовых отходах, которые либо сжигаются, либо газифицируются на мусороперерабатывающих фабриках. Во втором случае сырьем является навоз или жидкие бытовые стоки, которые перерабатываются в биогаз.

В России ежегодно образуется около 60 млн т твердых бытовых отходов (ТБО), количество отходов животноводства и птицеводства составляет около

130 млн т/год, а осадков сточных вод – 10 млн т/год. Энергетический потенциал этих отходов составляет 190 млн т. у. т. Этот потенциал используется пока совершенно недостаточно. Имеются единичные опытные установки по переработке ТБО, эксплуатационные характеристики которых нельзя признать удовлетворительными для широкого промышленного использования. В этом направлении предстоит еще большая работа.

Серьезные успехи были достигнуты в области переработки жидких городских стоков. Уже с 50-х годов прошлого века на Курьяновской и Люберецкой станциях Москвы производилась очистка городских стоков и работали мощные биогазогенераторы-метантенки. Этот радикальный метод переработки активного ила и осадков сточных вод был затем реализован на станциях очистки Новосибирска, Сочи и других городов России. В основе биохимической переработки отходов животноводства и птицеводства лежит анаэробное сбраживание. В результате этого процесса органическая масса отходов определенными штаммами бактерий превращается в биогаз. Обычный состав биогаза: до 70 % метана и 30 % диоксида углерода.

В настоящее время в России разработкой, созданием, производством опытных серий оборудования, установок в целом, реализующих высокорентабельные биогазовые технологии, занимается ЗАО Центр «ЭкоРос». Этот Центр разработал и выпускает опытными сериями индивидуальные биогазовые установки ИБГУ-1 для хозяйств, имеющих до 5–6 голов крупного рогатого скота. За 10 лет Центр произвел и реализовал 86 комплектов ИБГУ-1: из них – 79 в России, 4 – в Казахстане, 3 – в Белоруссии. С 1997 года по документации ЗАО Центр «ЭкоРос» освоено производство таких установок в Китае в г. Ухань на совместном китайско-российском предприятии.

Низкопотенциальное тепло

Низкопотенциальное тепло также относят к возобновляемым источникам энергии. Использование систем теплонасосного отбора рассеянного тепла поверхностных слоев грунта обеспечивают более чем 3-х кратную экономию электроэнергии при выработке тепла.

Геотермальная энергия

Под *геотермальной энергией* понимают физическое тепло глубинных слоев земли, имеющих температуру, превышающую температуру воздуха на поверхности. Носителями этой энергии могут быть как жидкие флюиды (вода и/или пароводяная смесь), так и сухие горные породы, расположенные на соответствующей глубине. Из недр Земли на ее поверхность постоянно поступает тепловой поток, интенсивность которого в среднем по земной поверхности составляет около 0,03 Вт/м². Под воздействием этого потока, в зависимости от свойств горных пород, возникает вертикальный градиент температуры — так называемая *геотермальная*

ступень. В большинстве мест она составляет не более 2–3К/100 м. Однако в местах молодого вулканизма, вблизи разломов земной коры геотермальная ступень повышается в несколько раз, и уже на глубинах в несколько сот метров, а иногда нескольких километров, находятся либо сухие горные породы, нагретые до 100 °С и более, либо запасы воды или пароводяной смеси с такими же температурами.

Принято считать, что если температура в геотермальном месторождении превышает 100 °С, оно пригодно для создания *геотермальной электростанции* (ГеоЭС). При более низкой температуре геотермальный флюид целесообразно использовать для теплоснабжения. Если температура флюида для непосредственного теплоиспользования слишком низка, ее можно поднять, применяя *тепловые насосы* (ТН).

Достоинства и недостатки геотермальной энергии

Главным достоинством геотермальной энергии является ее практическая неиссякаемость и полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года.

Существуют следующие принципиальные возможности использования тепла земных глубин. Воду или смесь воды и пара в зависимости от их температуры можно направлять для горячего водоснабжения и теплоснабжения, для выработки электроэнергии либо одновременно для всех этих целей. Высокотемпературное тепло околотовулканического района и сухих горных пород предпочтительно использовать для выработки электроэнергии и теплоснабжения. От того, какой источник геотермальной энергии используется, зависит устройство станции.

Если в том или ином регионе имеются источники подземных термальных вод, то целесообразно их использовать для теплоснабжения и горячего водоснабжения. Большие запасы подземных термальных вод находятся в Дагестане, Северной Осетии, Чечне, Ингушетии, Кабардино-Балкарии, Закавказье, Ставропольском и Краснодарском краях, на Камчатке и в ряде других районов России, также в Казахстане.

Главная из проблем, которые возникают при использовании подземных термальных вод, заключается в необходимости возобновляемого цикла поступления (закачки) воды (обычно отработанной) в подземный водоносный горизонт. В термальных водах содержится большое количество солей различных токсичных металлов (например, бора, свинца, цинка, кадмия, мышьяка) и химических соединений (аммиака, фенолов), что исключает сброс этих вод в природные водные системы, расположенные на поверхности.

Наибольший интерес представляют высокотемпературные термальные воды или выходы пара, которые можно использовать для производства электроэнергии и теплоснабжения.

В настоящее время в мире суммарная мощность действующих ГеоЭС составляет около 10 ГВт (э). Суммарная мощность существующих геотермальных систем теплоснабжения оценивается в 17 ГВт (т).

Запасы геотермальной энергии в России чрезвычайно велики, по оценкам они в 10–15 раз превышают запасы органического топлива в стране. Практически на всей территории страны есть запасы геотермального тепла с температурами в диапазоне от 30 до 200 °С. Сегодня на территории России пробурено около 4000 скважин на глубину до 5000 м, которые позволяют перейти к широкомасштабному внедрению самых современных технологий для локального теплоснабжения на всей

территории нашей страны. С учетом того, что скважины уже существуют, энергия, получаемая из них, в большинстве случаев окажется экономически выгодной.

До недавнего времени масштаб использования геотермальной энергии в стране был весьма скромным. Однако благодаря инициативе и работам АО «Геотерм» и АО «Наука» совместно с Калужским турбинным заводом был сделан существенный скачок в использовании геотермальной энергии на Камчатке и Курильских островах. Построена Верхнемутновская ГеоЭС мощностью 12 МВт. В 2002 году пущен в эксплуатацию первый блок Мутновской ГеоЭС мощностью 50 МВт. На Курильских островах сооружены геотермальные станции теплоснабжения.

Особенно велики и практически повсеместно распространены запасы термальных вод со сравнительно невысокой температурой, недостаточной для непосредственного теплоиспользования. Интерес представляет и использование тепла поверхностных слоев грунта, температура которых на глубине в несколько десятков метров круглый год практически постоянна и равна среднегодовой температуре воздуха в этом месте. Это означает, что зимой грунт может служить низкопотенциальным источником тепла для отопления с помощью тепловых насосов.

Геотермальная энергия, строго говоря, не является возобновляемой, поскольку речь идет не об использовании постоянного потока тепла, поступающего из недр к поверхности (в среднем $0,03 \text{ Вт/м}^2$), а об использовании тепла, запасенного жидкими или твердыми средами, находящимися на определенных глубинах. Мировые запасы геотермальной энергии составляют: для получения электроэнергии – 22 400 ТВтч · год, для прямого использования – более 140 ТДж/год тепла. Существующие геотермальные электростанции (геоТЭС) представляют собой одноконтурные системы, в которых геотермальный пар непосредственно работает в паровой турбине, или двухконтурные с низкокипящим рабочим телом во втором контуре.

Геотермальная энергетика – направление энергетике, основанное на производстве на геотермальных станциях тепловой и электрической энергии за счет энергии, содержащейся в недрах земли.

В вулканических районах циркулирующая вода перегревается выше температуры кипения на относительно небольших глубинах и по трещинам поднимается к поверхности, иногда проявляя себя в виде гейзеров. Доступ к подземным теплым водам возможен при помощи глубинного бурения скважин. Более чем такие паротермы, распространены сухие высокотемпературные породы, энергия которых доступна при помощи закачки и последующего отбора из них перегретой воды. Высокие горизонты пород с температурой менее $100 \text{ }^\circ\text{C}$ распространены и на множестве геологически малоактивных территорий, потому наиболее перспективным считается использование геотерм в качестве источника тепла. Классификация геотермальных вод приведена в табл. 10.2.

Хозяйственное применение геотермальных источников распространено в Исландии и Новой Зеландии, Италии и Франции, Литве, Мексике, Никарагуа, Коста-Рике, Филиппинах, Индонезии, Китае, Японии, Кении.

Геотермальная энергетика подразделяется на два направления: гидротермальная энергетика и петротермальная энергетика. Рассмотрим их последовательно.

Таблица 10.2

Классификация геотермальных вод

По температуре, °С	
Слаботермальные	<40
Термальные	40–60
Высокотермальные	60–100
Перегретые	>100
По минерализации (сухой остаток), г/л	
Ультрапресные	<0,1
Пресные	0,1–1,0
Слабосоленоватые	1,0–3,0
Сильносоленоватые	3,0–10,0
Соленые	10,0–35,0
Рассольные	> 35,0
По общей жесткости, мг-экв/л	
Очень мягкие	<1,2
Мягкие	1,2–2,8
Средние	2,8–5,7
Жесткие	5,7–11,7
Очень жесткие	> 11,7
По кислотности, рН	
Сильнокислые	<3,5
Кислые	3,5–5,5
Слабокислые	5,5–6,8
Нейтральные	6,8–7,2
Слабощелочные	7,2–8,5
Щелочные	>8,5
По газовому составу	
Сероводородные	
Сероводородно-углекислые	
Углекислые	
Азотно-углекислые	
Метановые	
Азотно-метановые	
Азотные	
По газонасыщенности, мг/л	
Слабая	<100
Средняя	100–1000
Высокая	>1000

Гидротермальная энергетика

Перспективными источниками перегретых вод обладают множественные вулканические зоны планеты, в том числе Камчатка, Курильские, Японские и Филиппинские острова, обширные территории Кордильер и Анд.

В России по состоянию на 2006 год разведано 56 месторождений термальных вод с дебитом, превышающим 300 тыс. м³/сутки. На 20 месторождениях ведется промышленная эксплуатация, среди них: Паратунское (Камчатка), Черкесское и Казьминское (Карачаево-Черкесия и Ставропольский край), Кизлярское и Махачкалинское (Дагестан), Мостовское и Вознесенское (Краснодарский край).

Потенциальная суммарная рабочая мощность геотермальных электростанций в мире уступает большинству станций на иных возобновимых источниках энергии. Однако направление получило развитие в силу высокой энергетической плотности в отдельных заселенных географических районах, в которых отсутствуют или относительно дороги горючие полезные ископаемые, а также благодаря правительственным программам.

Установленная мощность геотермальных электростанций в мире на начало 1990-х составляла около 5 тыс. МВт, на начало 2000-х — около 6 тыс. МВт. В конце 2015 года суммарная мощность геотермальных электростанций во всем мире выросла до 10,5 тыс. МВт (табл. 10.3).

Таблица 10.3

Установленная мощность геотермальных электростанций

Страна	Мощность, МВт (на 2015 год)	Доля от общей выработки электроэнергии, %
США	3086	0,3
Филиппины	1904	27
Индонезия	1197	3,7
Мексика	958	3
Италия	843	
Новая Зеландия	628	10
Исландия	575	30
Япония	536	0,1
Сальвадор	204	14
Кения	167	11,2
Коста-Рика	166	14
Никарагуа	88	10

Окончание табл. 10.3

Страна	Мощность, МВт (на 2015 год)	Доля от общей выработки электроэнергии, %
Россия	82	0,05
Турция	82	
Папуа-Новая Гвинея	56	
Гватемала	52	
Португалия	29	
КНР	24	
Франция	16	
Таиланд	0,3	
Всего	10 709,7	

В США

Крупнейшим производителем геотермальной электроэнергии являются США, которые в 2005 году произвели около 16 млрд кВт·ч возобновляемой электроэнергии. В 2009 году суммарные мощности 77 геотермальных электростанций в США составляли 3086 МВт. До 2020 года планируется строительство более 4400 МВт.

Наиболее мощная и известная группа геотермальных электростанций находится на границе округов Сонома и Лейк в 116 км к северу от Сан-Франциско. Она носит название «Гейзерс» («Geysers») и состоит из 22 геотермальных электростанций с общей установленной мощностью 1517 МВт. На «Гейзерс» сейчас приходится одна четвертая часть всей произведенной в Калифорнии альтернативной («не-гидро») энергии. К другим основным промышленным зонам относятся: северная часть Соленого моря в центральной Калифорнии (570 МВт установленной мощности) и геотермальные электростанции в Неваде, чья установленная мощность достигает 235 МВт.

Американские компании являются мировыми лидерами в этом секторе, несмотря на то, что геотермальная энергетика начала активно развиваться в стране сравнительно недавно. По данным Министерства торговли США, геотермальная энергия является одним из немногих возобновляемых источников энергии, чей экспорт из США больше, чем импорт. Кроме того, экспортируются также и технологии. 60 % компаний-членов Геотермал Энерджи Ассошиэйшн (Geothermal Energy Association) в настоящее время стремятся делать бизнес не только на территории США, но и за ее пределами (в Турции, Кении, Никарагуа, Новой Зеландии, Индонезии, Японии и пр.)

Геотермальная электроэнергетика, как один из альтернативных источников энергии в стране, имеет особую правительственную поддержку.

На Филиппинах

По состоянию на 2003 год 1930 МВт электрической мощности установлено на Филиппинских островах, парогидротермы обеспечивают производство около 27 % всей электроэнергии в стране.

В Мексике

По состоянию на 2015 год страна, с установленной мощностью электростанций в 953 МВт, находилась на третьем месте по выработке геотермальной энергии в мире. На важнейшей геотермальной зоне Серро Прието расположились станции общей мощностью в 750 МВт.

В Италии

По состоянию на 2015 год в Италии действовали энергоустановки общей мощностью в 790 МВт.

В Исландии

Здесь действуют пять теплофикационных геотермальных электростанций общей электрической мощностью 570 МВт (по состоянию на 2015 год), которые производят 25 % всей электроэнергии в стране.

Одна из таких станций снабжает столицу страны Рейкьявик. Станция использует подземную воду, а излишки воды сливаются в гигантский бассейн.

В Кении

В Кении по состоянию на 2015 год действовали три геотермальные электростанции общей электрической мощностью в 160 МВт, существуют планы по росту мощностей до 576 МВт.

В России

Впервые в мире неводяные пары как тепловой носитель применены на Паратунской ГеоТЭС в 1967 году.

По данным института вулканологии Дальневосточного Отделения Российской Академии наук, геотермальные ресурсы Камчатки оцениваются в 5000 МВт. Российский потенциал реализован только в размере, немногим более 80 МВт установленной мощности (на 2015 год) и около 450 млн кВт · ч годовой выработки (на 2015 год), в том числе:

- Мутновское месторождение:
 - Верхне-Мутновская ГеоЭС установленной мощностью 12 МВт (э) (на 2015 год) и выработкой 69,5 млн кВт · ч/год (на 2010 год) (81,4 — в 2015 году);
 - Мутновская ГеоЭС установленной мощностью 50 МВт (э) (на 5 год) и выработкой 360,5 млн кВт · ч/год (на 5 год). С 2006 года ведется строительство, увеличивающее мощность до 80 МВт (э) и выработку до 577 млн кВт · ч;
- Паужетское месторождение возле вулканов Кошелева и Камбального — Паужетская ГеоТЭС мощностью 14,5 МВт (э) (на 2011 год) и выработкой

43,1 млн кВт · ч (в 2010 году проводилась реконструкция с увеличением мощности до 18 МВт (э));

- Месторождение на острове Итуруп (Курилы) — Океанская ГеоТЭС установленной мощностью 2,5 МВт (э) (на 2015 год). Существует проект мощностью 34,5 МВт и годовой выработкой 107 млн кВт · ч;
- Кунаширское месторождение (Курилы) — Менделеевская ГеоТЭС мощностью 3,6 МВт (э) (на 2015 год);
- В Ставропольском крае на Каясулинском месторождении начато и приостановлено строительство дорогостоящей опытной Ставропольской ГеоТЭС мощностью 3 МВт;
- В Краснодарском крае эксплуатируется 12 геотермальных месторождений.

Петротермальная энергетика

Этот тип энергетике связан с глубинными температурами Земли, которые с определенного уровня начинают подниматься. Средняя скорость ее повышения с глубиной — около 2,5 °С на каждые 100 м. На глубине 5 км температура составляет примерно 125 °С, а на 10 км — около 250 °С. Добыча тепла производится посредством бурения двух скважин — в одну из которых закачивается вода, которая, нагреваясь, попадает в смежную скважину и выходит в виде пара. Проблема петротермальной энергетике на сегодня — ее рентабельность.

Атомная энергия

Открытие излучения урана впоследствии стало ключом к энергетическим кладовым природы. Главным, сразу же заинтересовавшим исследователей, был вопрос: откуда берется энергия лучей, испускаемых ураном, и почему уран всегда чуточку теплее окружающей среды?

Эрнест Резерфорд и Фредерик Содди пришли к революционному по тем временам выводу: атомы некоторых элементов подвержены распаду, сопровождающемуся излучением энергии в количествах, огромных по сравнению с энергией, освобождающейся при обычных молекулярных видоизменениях.

Невиданными темпами развивается сегодня атомная энергетика. За тридцать лет общая мощность ядерных энергоблоков выросла с 5 тысяч до 23 миллионов киловатт!

В принципе, *энергетический ядерный реактор* устроен довольно просто: в нем так же, как и в обычном котле, вода превращается в пар. Для этого используют энергию, выделяющуюся при цепной реакции распада атомов урана или другого ядерного топлива. На атомной электростанции нет громадного парового котла, состоящего из тысяч километров стальных труб, по которым при огромном давлении циркулирует вода, превращаясь в пар. Эту махину заменил относительно небольшой ядерный реактор.

Самый распространенный в настоящее время тип реактора — *водографитовый*. Еще одна распространенная конструкция реакторов — так называемые *водо-водяные*. В них вода не только отбирает тепло от тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), но и служит замедлителем нейтронов вместо графита. Конструкторы довели мощность таких реакторов до миллиона киловатт. Могучие энергетические агрегаты установлены на Запорожской, Балаковской и других атомных электростанциях.

Но все-таки будущее ядерной энергетики, по-видимому, останется за третьим типом реакторов, принцип работы и конструкция которых предложены учеными, — реакторами на быстрых нейтронах. Их называют еще реакторами-размножителями. Обычные реакторы используют замедленные нейтроны, которые вызывают цепную реакцию в довольно редком изотопе — уране-235, которого в природном уране всего около одного процента. Именно поэтому приходится строить огромные заводы, на которых буквально просеивают атомы урана, выбирая из них атомы лишь сорта урана-235. Остальной уран в обычных реакторах использоваться не может. Возникает вопрос: а хватит ли этого редкого изотопа урана на сколько-нибудь продолжительное время, или же человечество вновь столкнется с проблемой нехватки энергетических ресурсов?

Более тридцати лет назад эта проблема была поставлена перед коллективом лаборатории Физико-энергетического института. Она была решена. Руководителем лаборатории Александром Ильичом Лейпунским была предложена конструкция реактора на быстрых нейтронах. В 1955 году была построена первая такая установка.

Преимущества реакторов на быстрых нейтронах очевидны. В них для получения энергии можно использовать все запасы природных урана и тория, а они огромны — только в Мировом океане растворено более четырех миллиардов тонн урана.

Но все 400 атомных электростанций, работающих сейчас на планете, не могут создать угрозу, хотя бы сравнимую с угрозой, исходящей от 50 ты. боеголовок.

Нет сомнения в том, что атомная энергетика заняла прочное место в энергетическом балансе человечества. Она, безусловно, будет развиваться и впредь, безотказно поставляя столь необходимую людям энергию. Однако понадобятся дополнительные меры по обеспечению надежности атомных электростанций, их безаварийной работы, и остается надеяться, что ученые и инженеры сумеют найти необходимые решения.

Стоимость возобновляемой энергии

Один из основных аргументов против использования НВИЭ — их «дороговизна». Однако приведенные в табл. 10.4 данные по средней стоимости электроэнергии, полученной от различных источников энергии на электростанциях стран ЕС (в центах за кВтч), свидетельствуют об обратном — одной из самых дорогих оказывается энергия, полученная на АЭС. Все остальные источники (за исключением фотоэлектрических станций) значительно дешевле.

Таблица 10.4

Средняя стоимость электроэнергии

Электростанции на органическом и ядерном топливе, цент/кВтч	Электростанции на возобновляемых источниках энергии, цент/кВтч
Станции на газе — 6,4	Гидроэлектростанции — 4,1
	Геотермальные электростанции — 7,3
Станции на угле — 5,2	Ветроэлектростанции — 6,5
	Геотермальные станции — 6,0
Атомные электростанции — 12	Станции на отходах деревообработки — 6,4
	Солнечные фотоэлектрические станции — 28,0

Экономический потенциал НВИЭ в России (согласно официальным оценкам Минтопэнерго), представлен в табл. 10.5.

Таблица 10.5

Экономический потенциал НВИЭ, млн т. у. т./год

Ресурсы	Валовый потенциал	Технический потенциал	Экономический потенциал
Малая гидроэнергетика	360	125	65
Геотермальная энергия	*	*	115**
Энергия биомассы	10 · 10 ³	53	35
Энергия ветра	26 · 10 ³	2000	10
Солнечная энергия	2,3 · 10 ⁶	2300	12,5
Низкопотенциальное тепло	525	105	31,5
Итого по НВИЭ	2,3 · 10 ⁶	4583	270

* По приближенной оценке ресурсы геотермальной энергии в верхней толще глубиной до 3 км составляют около 180, а пригодные для использования — примерно 20.

** В качестве экономического потенциала взята оценка запасов первоочередного освоения теплоэнергетических вод и парагидротерм с использованием геоциркуляционной технологии.

Однако энергия большинства НВИЭ обладает малой плотностью потоков энергии (рассеянностью или низким удельным потенциалом) и нерегулярностью поступления, зависящей от климатических условий, суточных и сезонных циклов. Поэтому для эффективного использования НВИЭ — собственно, ветра, солнца, морских волн и др., необходимо решить ряд инженерных задач по созданию

экономичных и надежных устройств и систем, воспринимающих, концентрирующих и преобразующих эти виды источников энергии в приемлемую для потребителя тепловую, механическую и электрическую энергию. Для обеспечения бесперебойного энергоснабжения за счет НВИЭ, особенно автономных потребителей, система должна быть укомплектована аккумуляторами и преобразователями. Особенно перспективны гибридные системы, использующие одновременно два или несколько видов НВИЭ, — например, солнце и ветер, взаимно дополняющих друг друга, в сочетании с аккумулятором и резервным двигателем внутреннего сгорания в качестве привода электрогенератора.

При существующем соотношении цен на органическое топливо и оборудование уже сегодня имеются зоны экономически эффективного применения НВИЭ и в России:

- по электроэнергии — это районы автономного электроснабжения, особенно использующие привозное топливо, а также территории дефицитных энергосистем;
- по теплу — это практически вся территория России, особенно районы с привозным топливом, экологически напряженные населенные пункты и города, а также места массового отдыха населения.

Возобновляемые источники энергии в России до 2020 года

В 2000–2001 годах в Минэнерго России была разработана подпрограмма «Энергоэффективность топливно-энергетического комплекса» как часть Федеральной целевой программы «Энергоэффективная экономика», рассчитанной на 2000–2002 годы и на перспективу до 2025 года.

Основными целями раздела подпрограммы «Энергообеспечение регионов» являются:

- улучшение социальных условий жизни населения, проживающего в удаленных и труднодоступных районах с автономным энергоснабжением, при сокращении издержек на доставку топлива в эти районы и увеличении надежности энергоснабжения;
- обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения и производства в зонах централизованного энергоснабжения (главным образом в дефицитных энергосистемах) во время аварийных и ограничительных отключений, особенно в сельской местности;
- улучшение экологических условий жизни населения, проживающего в городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, особенно в местах массового отдыха населения, за счет снижения вредных выбросов от традиционных энергоустановок путем частичной их замены установками нетрадиционной энергетики.

В соответствии с указанными целями были определены мероприятия:

1. Создание энергетических комплексов с применением оборудования возобновляемой энергетики в 2002–2010 годах с государственной поддержкой в объеме 2077 млн руб.
2. Развитие производственной базы оборудования нетрадиционной энергетики в 2002–2010 годах с государственной поддержкой в объеме 218 млн руб.
3. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области нетрадиционной энергетики на 2002–2010 годы с государственной поддержкой в объеме 46 млн руб.

Прирост объема вырабатываемой электрической и тепловой энергии за счет возобновляемых источников в России приведен в табл. 10.6.

Таблица 10.6

**Прирост объема вырабатываемой электрической и тепловой энергии
за счет возобновляемых источников**

Годы	Электрическая энергия, млн кВт·ч	Тепловая энергия, тыс. Гкал	Замещение органического топлива, тыс. т. у. т.
2002–2005	9 589 914	2635	659
2002–2010		21057	6302

Снижение вредных выбросов от объектов энергетики, использующих органическое топливо, за 2002–2010 годы составило 140 тыс. тонн, а сокращение эмиссии CO₂ — более 7700 тыс. тонн. По Программе общие бюджетные затраты на развитие возобновляемой энергетики России в 2002–2010 годах составили 2,3 млрд рублей, а суммарная бюджетная эффективность, которая состоит из налоговых поступлений и сокращения затрат на «северный завоз», оценивается в 12,6 млрд рублей.

Планируемая общая установленная мощность микро и малых ГЭС составляет 369,38 МВт при суммарной выработке электроэнергии в объеме 2032,6 млн кВт·ч. Малая гидроэнергетика занимает ведущее место по объемам освоения среди возобновляемых источников энергии.

Программой запланировано освоение суммарной установленной мощности ветроэнергетических установок в объеме 228 МВт с выработкой электроэнергии количеством 570 млн кВтч.

Реализация солнечных фотоэлектрических установок определена в объеме 2,36 МВт с выработкой 3,77 млн кВтч. Установленная мощность гелионагревательных систем определена в объеме 69,89 Гкал/ч при выработке энергии на 111,82 тыс. Гкал, что обеспечивает замещение органического топлива в количестве 15,99 тыс. т. у. т.

Выработка электрической энергии на основе биомассы определена в объеме установленной мощности в 152,02 МВт, а производство тепловой энергии – в 2753,74 тыс. Гкал, что обеспечивает суммарное замещение органического топлива в количестве 686,37 тыс. т. у. т.

Планируемая установленная мощность геотермальных станций по выработке электроэнергии составит 68,3 МВт, а по выработке тепловой энергии – 16,5 тыс. Гкал, что в сумме обеспечит замещение органического топлива в объеме 133,84 тыс. т. у. т.

Сооружение энергетических установок на основе использования низкопотенциальной энергии (преимущественно тепловых насосов) предусматривает освоение 543,9 Гкал/ч установленной мощности с выработкой 2991,4 тыс. Гкал и замещением 221,2 тыс. т. у. т.

Предусмотренное строительство комбинированных систем на базе возобновляемой энергетики и локальных энергоресурсов обеспечит ввод электрической мощности в объеме 30,54 МВт с выработкой электроэнергии количеством 122,16 млн кВт·ч и тепловой энергии мощностью 10,2 Гкал/ч с выработкой 314,6 тыс. Гкал. Общее замещение органического топлива от комбинированных энергосистем составит 87,75 тыс. т. у. т.

В настоящее время возобновляемые источники энергии (энергия рек, ветра, солнца, биомассы, тепла Земли) в энергобалансе России составляют 22 %. Ведущую роль занимает большая гидроэнергетика (20 %). При рассмотрении стратегии развития энергетики России необходимо учитывать, что, согласно данным Института мировых ресурсов и других международных организаций, запасов жидкого ископаемого топлива в России осталось на 1–2, а угля и урана на 2–4 поколения жителей России.

Сегодня вклад ВИЭ в энергетический баланс России, несмотря на их огромный потенциал, незначителен. Основным препятствием развития этого направления являются отсутствие законодательства по стимулированию возобновляемой энергетики и экономических механизмов его реализации, недостаток финансирования и комплексного подхода к решению этой проблемы: наука — производство — широкомасштабное использование.

Несмотря на то, что электроэнергия и тепло, получаемые от различных ВИЭ, сегодня, как правило, дороже, чем от традиционных источников, существует значительный рынок, где использование ВИЭ конкурентоспособно. Это, прежде всего, относится к регионам, где источником энергии является дорогое привозное топливо, рекреационным зонам, где на первый план выступает экологическая чистота ВИЭ, к ряду случаев, когда имеющиеся сооружения и объекты позволяют существенно снизить капитальные затраты для сооружаемых ВИЭ (пробуренные скважины для геотермального теплоснабжения, гидротехнические сооружения для малых ГЭС, большое количество различных отходов, подлежащих утилизации).

Производственная база по производству оборудования для различных ВИЭ в стране развивается неравномерно. Отечественные разработки и производство крупных (мегаваттного класса) ветроэнергетических агрегатов существенно отстают от зарубежных фирм. Тем не менее, имеются значительные успехи в создании крупных геотермальных электростанций на Камчатке. Отечественные предприятия сегодня производят малыми сериями конкурентоспособное оборудование для малых ГЭС, биогазовых установок небольшой мощности, фотопреобразователи, солнечные водонагревательные установки, малые ветроэнергетические установки, тепловые насосы средней мощности. При ограниченном платежеспособном спросе объем этих производств недостаточен. Однако по мере экономического роста производственная база по выпуску оборудования для ВИЭ потребует расширения.