

ПЕРСПЕКТИВЫ И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ И МИРЕ

А.А. Синюрин, Д.Е. Сытник

В статье исследуются основные направления развития альтернативной энергетики в России и крупнейших странах мира, проводится комплексный анализ основных проблем, стоящих на пути ее развития в России и факторов, способствующих более широкому использованию альтернативных источников энергии в нашей стране.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, сырьевая зависимость, структурное реформирование экономики, Газпром, газ, нефть, нефтепродукты, солнечная энергия, гелиоэнергетика, солнечная башня, солнечная электростанция, ветряная энергия, ветрогенератор, энергия приливов, приливные электростанции, энергия волн, геотермальная энергия, геотермальные электростанции, космическая энергетика, водородная энергетика, биотопливо, биоэтанол, биометанол, биобутанол, диметиловый эфир, биодизель, двигатели flex-fuel, биогаз, биоводород, инвестиции.

Глобальный финансово-экономический кризис и последовавшая за ним рецессия в российской экономике в конце 2008 – начале 2009 г. наглядно продемонстрировали глубину и масштабы структурных перекосов в российской экономике. На повестке дня остро встала проблема необходимости радикальных перемен в национальном хозяйстве, избавления экономики страны от сырьевой зависимости. Особенности отраслевой специализации России в мировом хозяйстве в 2000-х гг., с одной стороны, позволяли государству за счет сравнительно низких затрат, связанных с добычей нефти и газа, обеспечивать энергетическую независимость от остального мира, а экспортируя излишки сырья за рубеж, еще и пополнять валютные резервы, создавая так называемую финансовую «подушку безопасности». С другой стороны, по мере роста доходов от сырьевого экспорта, пользующегося устойчивым спросом на европейском рынке, снижались эффективность национального производства, производительность труда, экономический рост все больше обеспечивался за счет экстенсивных путей развития, росли структурные дисбалансы. Экономика России все больше носила сырьевой характер. Достаточно сказать, что в 2008 г. в структуре российского экспорта доля минеральных продуктов, то есть преимущественно энергоресурсов с низкой степенью обработки, достигала 69,7 % против 53,8 % в 2000 г. и 42,5 % в 1995 г. [1]. Естественно, что сырьевая направленность российской экономики тормозила развитие альтернативной энергетики, которая требовала значительных финансовых вложений. В то же время в большинстве европейских стран, которые в силу объективных причин гораздо меньше, чем Россия, обеспечены сырьевыми ресурсами, новейшие разработки в области альтернативной энергетики осуществлялись гораздо активнее.

Во II половине 2008 г. и I половине 2009 г. в условиях более чем двукратного падения мировых цен на энергоресурсы (рис. 1) резко сократился объем экспортных доходов российской экономики. А в совокупности со спекулятивным бегством капитала из страны это привело к сокращению международных резервов и падению курса национальной валюты (рис. 2) [2].

Между тем, в странах Европы в условиях высокой волатильности цен на традиционные энергоресурсы, спровоцированной глобальным финансово-экономическим кризисом, в этот период резко повысилась актуальность снижения зависимости национальных хозяйств от импорта российской нефти и газа. А следовательно, все больший интерес у европейских производителей получили новейшие научные разработки в области альтернативных источников энергии, которые активно развивались в предшествующие глобальному кризису годы.



Рис. 1. Динамика мировых цен на нефть марки Brent на Лондонской бирже во II полугодии 2008 г. и I полугодии 2009 г., долл. за баррель

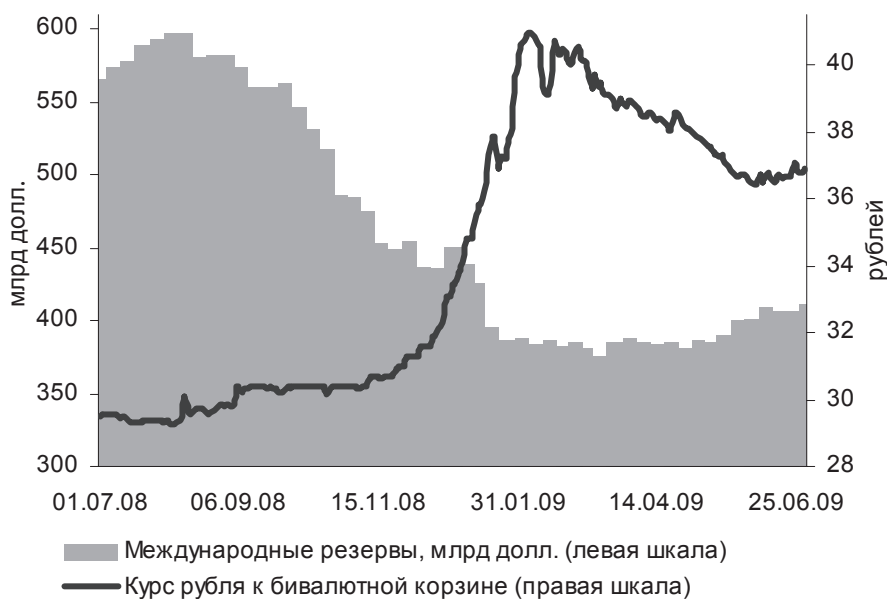


Рис. 2. Динамика международных резервов России и официального курса рубля к бивалютной корзине, устанавливаемого Банком России, во II полугодии 2008 г. и I полугодии 2009 г.

В будущем, по мере распространения альтернативной энергетики в странах ЕС, будет снижаться зависимость европейских производителей от поставок российских энергоресурсов. А значит, сократится экспорт продукции отечественных производителей газа, нефти и нефтепродуктов, что в перспективе способно создать угрозу финансовой стабильности РФ. Это связано с тем, что производство энергоресурсов в России характеризуется высокой степенью монополизации рынка крупнейшими игроками. В частности, на долю «Газпрома» приходится 78 % суммарного объема производства российского газа [3]. Нефтяная отрасль России представлена лишь девятью крупными вертикально интегрированными компания-

ми. Из них наиболее мощными являются «Роснефть», «Лукойл», «Сургутнефтегаз», ТНК-ВР и «Газпром-нефть». Транспортировка нефти и нефтепродуктов также высоко монополизирована и осуществляется предприятиями акционерных компаний «Транснефть» и «Транснефтепродукт».

Высокая монополизация сырьевого рынка позволяет монополиям диктовать условия не только на внутреннем, но и на внешнем рынке. Это создает предпосылки для неравного доступа коммерческих организаций к энергоресурсам, способствует манипулированию экспортными ценами. Западные партнеры все чаще высказывают недовольство ценовой политикой российских энергокомпаний. Стоит отметить, что начиная с мая 2010 г. сокращаются поставки российского газа в дальнее зарубежье (в августе 2010 г., по данным Минэкономразвития России, снижение составило уже 45 %, в сентябре – 34 %). Это связано с тем, что «Газпром» столкнулся с проблемой спотовых цен на газ в Европе, которые гораздо ниже тех, что прописаны в долгосрочных контрактах. И это делает неконкурентоспособным газ российской компании. К примеру, итальянская компания «Edison» в ноябре 2010 г. подала в Стокгольмский арбитражный суд иск против «дочки» российского «Газпрома» компании «Promgas SpA» [4]. «Edison» требует снижения цен на газ, поскольку условия действующего контракта принесут компании убытки в 2011–2013 гг. Контракт предусматривает продажу Италии 2 млрд м³ газа до 2022 г. Руководство «Edison» в суде планирует доказать, что контрактная цена на газ существенно выше его биржевой стоимости.

Компенсировать убытки от сокращения экспорта в Европу российские сырьевики пытаются за счет увеличения поставок «дорогих» энергоресурсов на внутренний рынок и в страны СНГ. Так, в сентябре 2010 г. поставки газа в страны СНГ выросли на 27 % по сравнению с тем же месяцем 2009 г.; в основном за счет увеличения поставок на Украину [5].

Естественно, что, не желая расставаться с прибылью, российские сырьевые монополисты будут всячески сопротивляться политике сокращения потребления традиционных энергоресурсов не только за рубежом, но и в России. Этот конфликт интересов – одна из главных проблем на пути развития альтернативной энергетики в нашей стране.

Однако стоит отметить, что решение задачи ускоренной структурной перестройки российской экономики, поставленной Президентом и Правительством России, лежит в том числе и в плоскости активного развития альтернативных источников энергии в нашей стране. Высокая монополизация традиционного сырьевого рынка не позволяет обеспечивать устойчивое развитие обрабатывающих и высокотехнологичных секторов экономики, стоит на пути ее инновационного развития. А значит, преодолеть это препятствие придется, скорее всего, посредством мер административного воздействия.

Другими **проблемами** на пути развития альтернативной энергетики в России являются:

– наличие сравнительно дешевых видов традиционного сырья и низкая стоимость его транспортировки, что делает невыгодным производство альтернативной энергии в промышленных масштабах во многих регионах России;

– дефицит финансовых ресурсов у потенциальных инвесторов, вызванный последствиями глобального кризиса;

– высокие сроки окупаемости затрат, связанных со строительством и эксплуатацией альтернативных источников энергии;

– сравнительно небольшие масштабы энергии, производимой альтернативными источниками, что не позволяет полностью обеспечить спрос на нее;

– отсутствие достаточного количества российских научных разработок в области альтернативной энергетики, что требует использования зарубежного опыта и закупки иностранного оборудования и технологий;

– отсутствие длительного исторического опыта эксплуатации альтернативных источников энергии, что подтверждало бы их эффективность в долгосрочной перспективе;

– отсутствие культуры использования альтернативных источников энергии в российском обществе.

Кроме того, каждый вид альтернативной энергии обладает собственными недостатками применительно к российской действительности (финансовыми, географическими, техническими и проч.). С другой стороны, альтернативная энергетика имеет несомненные преимущества, среди которых важнейшими являются:

- ее высокая экологичность;
- возобновляемость большинства видов альтернативной энергии (солнца, ветра, приливов и т. п.);
- низкая стоимость эксплуатации энергетических установок;
- сравнительная безопасность для людей на стадии производства энергии;
- низкие трудозатраты на стадии производства;
- экономичность использования альтернативных источников энергии, особенно при ее производстве для применения в быту, а не в промышленных масштабах.

Перспективы использования альтернативных источников энергии в мировом хозяйстве связаны также с ожидаемым формированием топливного дефицита в традиционной энергетике. По прогнозам Европейской комиссии, к 2020 г. в странах Евросоюза в альтернативной энергетике будет создано 2,8 млн рабочих мест. Индустрия возобновляемой энергетике будет создавать 1,1 % ВВП Евросоюза [6].

В современных условиях эксперты и ученые выделяют следующие основные направления альтернативной энергетике:

- солнечная энергетика (в том числе гелиоэнергетика),
- ветроэнергетика,
- энергетика волн и приливов,
- геотермальная энергетика,
- космическая энергетика,
- водородная энергетика,
- биотопливо.

В основу данной классификации положен принцип альтернативного источника энергии, то есть способа, устройства или сооружения, посредством которого вырабатывается энергия. Если в традиционной энергетике источниками энергии выступают, как правило, уголь, нефть, нефтепродукты и газ (лишь в гидроэнергетике это движущаяся вода, а в атомной – атом), то в альтернативной энергетике источниками становятся солнце, ветер, волна, водопад, космическое излучение, биомасса и т. д.

В настоящее время учеными всего мира ведется активный поиск новых альтернативных источников энергии, которые позволят получать ее из возобновляемых или практически неисчерпаемых природных ресурсов и явлений. Ключевыми факторами при этом выступают экологичность и экономичность новых источников энергии.

Особым направлением альтернативной энергетике является ее так называемая распределенное производство, которое может использовать несколько различных источников энергии, включая традиционные.

Распределенное производство предполагает, в отличие от централизованного производства, характерного для России и большинства развитых стран мира, такую технологию выработки энергии, при которой она производится не ограниченным числом тепловых, гидро- и атомных электростанций, а значительным количеством небольших производителей преимущественно для собственных нужд (например, домохозяйствами для использования в быту, малыми предприятиями, подразделениями и цехами крупных предприятий и т. п.). При этом излишки энергии поставляются в общую сеть. В качестве генераторов энергии выступают когенерационные установки (КГУ) малой и средней мощности, которые позволяют добиться высокой эффективности использования топлива (до 90 % от потенциальной энергии). В результате сокращаются потери, связанные транспортировкой энергии на большие расстояния, уменьшаются расход топлива, масштабы загрязнения окружающей среды.

Живым примером распределенного производства является немецкий город Фрайбург, где все строения покрыты солнечными панелями, которые выполняют функцию мини-электростанций. Жители продают друг другу или в региональную сеть излишки производимой панелями энергии. В городе также существует гелиотропный дом, который производит в 5 раз больше электричества, чем потребляет.

На альтернативные источники энергии приходится пока лишь около 1 % мировой выработки электроэнергии. Однако в отдельных странах этот показатель значительно выше. Так, в США около 1,8 % электричества производится из энергии ветра, 1,3 % – из биомассы, 0,4 % – из геотермальных источников, 0,3 % – от энергии солнца [7]. В Австралии из альтернативных источников вырабатывается 8 % энергии, а к 2020 г. планируется увеличить эту долю до 20 %.

Одним из наиболее популярных в современном мире направлений альтернативной энергетики является *солнечная*, которая особенно широко применяется в регионах с высокой солнечной активностью. Она основана на использовании солнечного излучения, которое полностью возобновляемо и не производит вредных отходов (безопасно для окружающей среды), что является основными преимуществами этого направления альтернативной энергетики. К недостаткам относятся: зависимость объемов производства энергии от погоды и времени суток, что требует дополнительных затрат на аккумуляцию энергии, значительных затрат на производство солнечных батарей и конструкций, а также их обслуживание (очистку отражающей поверхности от пыли). Кроме того, опасность может представлять нагрев атмосферы над электростанцией.

Производство электроэнергии в солнечной энергетике осуществляется с помощью фотоэлементов, паровых машин, двигателей Стирлинга, на термовоздушных электростанциях. Особой разновидностью солнечной энергетики является гелиотермальная энергетика, в основу которой положено нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи с последующим распределением и использованием тепла. Гелиоэнергетика может применяться как для промышленного получения электроэнергии, так и для нагрева воды для бытового применения.

Солнечная энергетика предполагает использование солнечных батарей, которые представляют собой несколько фотоэлементов, преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток. А также солнечных коллекторов, которые, в отличие от батарей, осуществляют нагрев материала-теплоносителя.

Солнечные батареи широко используются в микроэлектронике (аккумуляторы), в автомобилях, в энергообеспечении зданий и небольших населенных пунктов, а также в космосе (для производства энергии на космических аппаратах). Указанные направления использования батарей в той или иной степени применяются как за рубежом, так и в нашей стране. Однако солнечные батареи крупного размера, как и солнечные коллекторы, наиболее широко используются в тропических и субтропических регионах с большим количеством солнечных дней. Особенно популярны они в странах Средиземноморья, где их помещают на крышах домов. Так, в Испании с 2007 г. введено требование к новым домам, которые должны быть обязательно оборудованы солнечными водонагревателями, что позволяет самостоятельно обеспечивать 30–70 % потребностей в горячей воде (в зависимости от места расположения дома и ожидаемого потребления воды). Нежилые здания (торговые центры, больницы и т. д.) должны иметь фотоэлектрическое оборудование [8]. В Нидерландах запущен проект по созданию оконного стекла «Smart Energy Glass» с функциональностью фотоэлемента. Географическое положение России в северных широтах ограничивает возможности использования солнечной энергетики в промышленных масштабах. К примеру, на широте Московской области за один июльский теплый день на каждый квадратный метр приходится примерно 3 кВт·ч энергии солнца [9]. Однако далеко не все дни июля на этой широте солнечные. Поэтому батареи экономически рентабельно внедрять лишь в самых южных регионах России – в Ставропольском и Краснодарском краях, в Астраханской области.

Тем не менее, потенциал развития этого направления альтернативной энергетики остается достаточно велик, поскольку научные разработки ведутся еще с советских времен и прошли большой исторический путь. Достаточно вспомнить солнечные батареи, установленные более 20 лет назад на крыше здания Президиума Российской академии наук на Воробьевых горах и в значительной степени обеспечивающие это здание электричеством. Не стоит забывать также, что впервые идея создания солнечной электростанции промышленного типа была выдвинута советским инженером Н.В. Линицким в 1930-х гг. Тогда же им была предложена схема солнечной станции с центральным приёмником на башне. В ней система улавливания солнечных лучей состояла из поля гелиостатов – плоских отражателей, управляемых по двум координатам. Каждый гелиостат отражает лучи солнца на поверхность центрального приёмника, который для устранения влияния взаимного затенения поднят над полем гелиостатов. По своим размерам и параметрам приёмник аналогичен паровому котлу обычного типа.

В начале 1980-х гг. в Щёлкино (Крым) действовала солнечная электростанция (СЭС) башенного типа, использовавшаяся как резервный источник электричества для строящейся там атомной электростанции. Однако станция была скорее экспериментальной: ее мощность составляла лишь 5 МВт. При эксплуатации станции были выявлены организационные трудности. В частности, система позиционирования отражателей почти полностью (на 95 %) расходовала энергию, вырабатываемую станцией. Возникли трудности и с очисткой зеркал. В результате СЭС в Щёлкино была закрыта.

Тем не менее, положительный опыт эксплуатации европейских солнечных электростанций башенного и тарельчатого типа позволяет использовать его в будущем при строительстве новых СЭС на территории России. Так, в США начиная с 1982 г. было построено несколько станций башенного типа мощностью от 10 до 100 МВт. Экономический анализ систем этого типа показал, что с учетом всех затрат на сооружение один киловатт-час установленной мощности стоит примерно 1150 долл. Один киловатт-час электроэнергии стоил около 0,15 долл. В Европе одной из наиболее известных станций такого типа стала построенная в 2007 г. в Севилье (Испания) «Солнечная башня» мощностью 11 МВт, которая обеспечивает электричеством 60 тыс. городских домовладений. Вложения в строительство «Солнечной башни» составили 300 долл. на один киловатт-час установленной мощности. Станция включает в себя 624 зеркальных гелиостата на механической основе, которые собирают свет и отражают его на вершину башни, где находится специальный солнечный уловитель, раскаляющийся до 260 °С. К нему по трубам нагнетается вода, которая вскипает и превращается пар. Горячий пар подается в турбины, которые производят электричество. Суть установки в том, чтобы произвести как можно больше горячего пара; больше, чем может освоить турбина за день. Излишки пара закачиваются в цистерны, и на этом запасе турбины станции работают в пасмурные дни или ночью. При постройке новых башен испанские энергетики намерены вместо горячего пара использовать топлёную соль. Соль дольше сохраняет тепло, чем вода, поэтому эффективность такой башни повышается в разы. К 2014 г. в Севилье будет построено 9 солнечных башен мощностью 300 МВт, что позволит полностью покрыть потребности в электричестве этого города с населением 600 тыс. человек.

В строительстве солнечной станции в г. Виктория (Австралия) мощностью 150 МВт предполагается вложить 45 тыс. долл. Продавать электричество планируется по 10 центов за киловатт-час, срок окупаемости станции составит 10 лет.

Во Внутренней Монголии (Китай) сейчас ведется строительство солнечной электростанции, мощность которой к 2020 г. составит 1 тыс. МВт. Мощность первой очереди составит 50 МВт.

В последние годы широкое распространение, особенно на американском континенте, получили СЭС параболического типа. По форме они напоминают спутниковую тарелку с зеркальной поверхностью. Собранная энергия солнца концентрируется в батарее над поверхно-

стью установки и передается в приёмник. Параболический отражатель управляется по двум координатам при слежении за солнцем. Энергия солнца фокусируется на небольшой площади. Зеркала отражают около 92 % падающего на них солнечного излучения. В фокусе отражателя на кронштейне закреплен двигатель Стирлинга или фотоэлектрические элементы. Двигатель Стирлинга располагается таким образом, чтобы область нагрева находилась в фокусе отражателя. В качестве действующего компонента двигателя Стирлинга используется, как правило, водород или гелий. Наиболее успешным с коммерческой точки зрения оказался калифорнийский проект по созданию мощных солнечных коллекторов до 150 кВт и диаметром 11 м каждый. В ближайшее время в южной Калифорнии будет создана крупнейшая в мире солнечная электростанция из 20 тыс. таких коллекторов суммарной мощностью до 850 МВт. Если в 2001 г. стоимость электроэнергии, полученной в солнечных коллекторах США, составляла 0,09–0,12 долл. за киловатт-час, то по прогнозам Департамента энергетики, к 2015–2020 гг. она снизится до 0,04–0,05 долл.

В настоящее время солнечные электростанции действуют более чем в 30 странах. По расчетам Международного энергетического агентства (IEA), распространение солнечной энергетики позволит к 2050 г. обеспечить 20–25 % потребностей человечества в электричестве. Уже через 40 лет при соответствующем уровне распространения передовых технологий отрасль будет вырабатывать около 9 тыс. ТВт-ч энергии, что позволит сократить выбросы углекислого газа на 6 млрд т ежегодно [10].

Еще одним важным источником альтернативной энергии является **ветер**. Ветроэнергетика достаточно бурно развивается: в конце 2009 г. общая установленная мощность всех ветрогенераторов в мире составила 158 ГВт, увеличившись почти в 9 раз по сравнению с 2000 г. [11] (см. рис. 3). К 2020 г. за счет энергии ветра, по расчетам, будет получаться более 1000 гигаواتт электроэнергии (до 12 % всего электричества в мире), а к 2030 г. — более 2300 ГВт (22 %) [12].

Ветряные электростанции представляют собой один или несколько ветрогенераторов, собранных в одном или нескольких местах. Крупные ветряные электростанции могут состоять из 100 и более ветрогенераторов. Их функция — преобразование кинетической энергии ветра в электроэнергию. Достоинством ветряных электростанций является сравнительная деше-

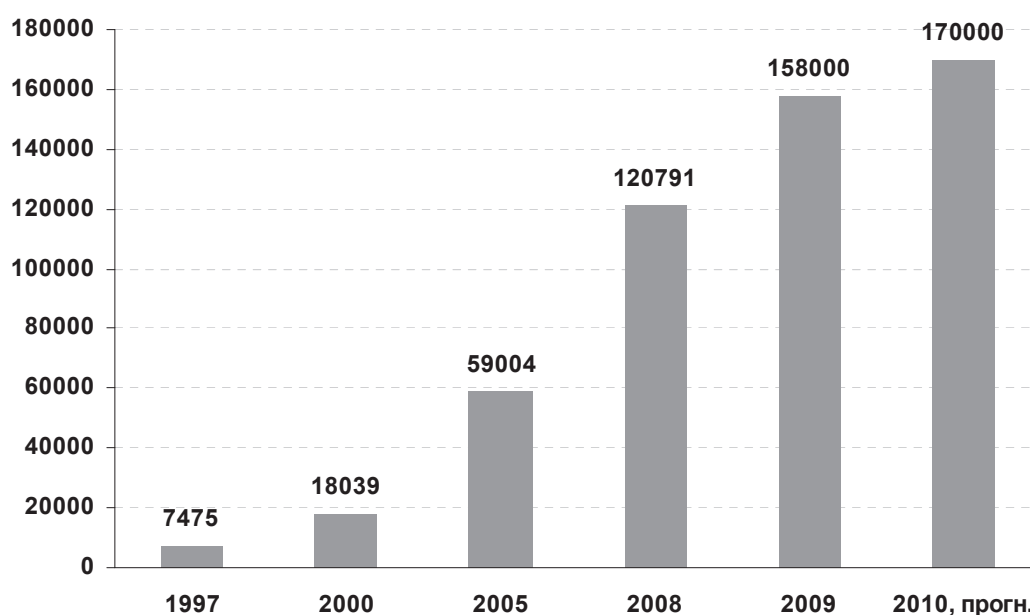


Рис. 3. Динамика суммарных установленных мощностей ветровых электростанций в мире, МВт

визна, а недостатком — малая мощность (в безветренные дни станции простаивают). Поэтому данный вид альтернативной энергии хотя и является экологически чистым, но не всеми экспертами признается энергоэффективным.

Среди недостатков ветряных электростанций обычно указывают высокий уровень шума (в новейших разработках эта проблема практически решена), значительный размер занимаемой территории, а также проблема обледенения лопастей ветроустановок в зимний период при высокой влажности воздуха и, соответственно, разлет льда на значительное расстояние. Крупные ветрогенераторы испытывают значительные проблемы с ремонтом, поскольку замена крупной детали (лопасти, ротора и т. п.) на высоте более 100 м является сложным и дорогостоящим мероприятием.

В ветроэнергетике наиболее перспективными местами для расположения электростанций считаются прибрежные зоны. Но стоимость инвестиций здесь в 1,5–2 раза выше по сравнению с сушей. В море, на расстоянии 10–12 км от берега (а иногда и дальше), строятся так называемые «офшорные» ветряные электростанции. Башни ветрогенераторов устанавливают на фундаменты из свай, забитых на глубину до 30 м. При этом могут использоваться и другие типы подводных фундаментов, а также плавающие основания. Первый прототип плавающей ветряной турбины построен компанией H Technologies BV в декабре 2007 г. Ветрогенератор мощностью 80 кВт установлен на плавающей платформе в 10,6 морских милях от берега Южной Италии на участке моря глубиной 108 м. 5 июня 2009 г. немецкая компания Siemens AG и норвежская StatoilHydro объявили об установке первой в мире коммерческой плавающей ветроэнергетической турбины мощностью 2,3 МВт производства Siemens Renewable Energy под названием Nuwind, которая весит 5300 тонн при высоте 65 м и располагается в Северном море неподалеку от юго-западного побережья Норвегии. В будущем компания планирует довести мощность турбины до 5 МВт [13]. Кроме того, в Германии в мае 2009 г. был запущен в эксплуатацию первый ветрогенератор, установленный на гибридной башне компании Advanced Tower Systems, нижняя часть которой (высотой 76,5 м) построена из железобетона, а верхняя (высотой 55 м) — из стали. Общая высота ветрогенератора (с лопастями) составляет 180 м. Дальнейшее увеличение высоты башни позволит повысить выработку электроэнергии до 20 %.

Американо-канадская компания Magenn разработала аппарат легче воздуха с установленным на нем ветрогенератором, который поднимается на высоту 120–300 м (это позволяет не строить башню и не занимать землю). Аппарат работает в диапазоне скоростей ветра от 1 до 28 м/с. Его достоинством является то, что он может перемещаться в ветряные регионы, а также быстро устанавливаться в местах катастроф для их снабжения энергией.

Современные промышленные ветрогенераторы, объединенные в электростанции, имеют мощность до 6 МВт. Средняя стоимость ветрогенератора в расчете на 1 МВт мощности снизилась с 1,22 млн евро в 2008 г. до 1,04 евро в августе 2010 г. На подготовленной площадке промышленный ветрогенератор сейчас сооружается за 7–10 дней. Однако ветрогенераторы широко распространены и в «домашних» условиях. Интенсивное развитие в последние годы домашних ветрогенераторов позволяет уже сейчас за умеренные деньги приобрести ветряную установку и на долгие годы обеспечить энергонезависимость небольшого жилого дома. Обычно для таких целей оказывается достаточно установки номинальной мощностью 1 кВт при средней скорости ветра 8 м/с.

Ветрогенераторы наиболее распространены в странах Западной Европы (Германия, Испания, Дания, Нидерланды, Великобритания) в силу их близости к морю и, соответственно, к морским ветрам, средняя скорость которых составляет 4,5 м/с и выше, а также в США, Индии и Китае (см. табл. 1). Крупнейшей в мире ветряной электростанцией является станция в городе Роско (США, штат Техас) суммарной мощностью около 780 МВт. Она запущена 1 октября 2009 г. немецким энергоконцерном E.On. Станция состоит из 627 ветряных турбин производства Mitsubishi, General Electric и Siemens. Площадь электростанции составляет 400 км².

Таблица 1

Динамика установленных мощностей ветряных электростанций по основным странам мира, МВт

| Страна | 2005 г. | 2006 г. | 2007 г. | 2008 г. | 2009 г. |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| США | 9149 | 11 603 | 16 818 | 25 170 | 35 159 |
| Германия | 18 428 | 20 622 | 22 247 | 23 903 | 25 777 |
| Китай | 1260 | 2405 | 6050 | 12 210 | 25 104 |
| Испания | 10 028 | 11 615 | 15 145 | 16 754 | 19 149 |
| Индия | 4430 | 6270 | 7580 | 9645 | 10 833 |
| Италия | 1718 | 2123 | 2726 | 3736 | 4850 |
| Франция | 757 | 1567 | 2454 | 3404 | 4492 |
| Великобритания | 1353 | 1962 | 2389 | 3241 | 4051 |
| Португалия | 1022 | 1716 | 2150 | 2862 | 3535 |
| Дания | 3122 | 3136 | 3125 | 3180 | 3465 |
| Канада | 683 | 1451 | 1846 | 2369 | 3319 |
| Нидерланды | 1224 | 1558 | 1746 | 2225 | 2229 |
| Япония | 1040 | 1394 | 1538 | 1880 | 2056 |

В Германии первая правительственная программа поддержки ветроэнергетики под названием «100 МВт ветра» появилась в 1989 г. Интенсивное развитие отрасли началось с принятием в 1991 г. закона Electricity Grid Feed Act. К 2002 г. суммарные мощности германской ветроэнергетики достигли 10 000 МВт, а в настоящее время составляют 25 777 МВт. В стране работает более 21 163 ветряных турбин, которые обеспечивают 6,5 % энергопотребления Германии. Тарифы на энергию, полученную из ветра, стабильно снижаются: в 2007 г. сетевые компании платили владельцам ветряных электростанций 0,0836 евро за киловатт-час электроэнергии в первые пять лет эксплуатации ветряной электростанции. С тех пор тариф снижался на 2 % в год.

США в 2008 г. обогнали Германию по мощностям построенных ветряных электростанций и вышли на первое место в мире по этому показателю. На конец 2009 г. суммарные мощности ветряных электростанций США составляли 35 159 МВт. В 2009 г. ветряными электростанциями США было выработано 70 760 ГВт-ч электроэнергии, или 1,8 % всей электроэнергии, произведенной в США. Стоимость ветряного электричества снизилась с 0,38 долл. за кВт-час в начале 1980-х годов до 0,025–0,064 в 2007 г. При этом средняя цена на электроэнергию в США составляла в 2007 г. 0,0918 долл. за киловатт-час. Развитие ветроэнергетики в США дотируется из бюджета. Государство субсидирует исследовательские работы и производство оборудования для ветряной энергетики. Так, департамент энергетики США финансирует разработки и испытания ветрогенераторов мощностью 5–8 МВт как для наземного использования, так и для установки в море. Кроме того, новые ветряные электростанции получают налоговый кредит (но не субсидию) в размере 0,015 долл. за каждый произведенный кВт-час электроэнергии. Налоговая льгота действует в течение 10 лет. Тем не менее, в 2003 г. лишь около 1 % субсидий, выделенных энергетике США, было предназначено для ветряной энергетики. Опережающими темпами в стране развиваются малые ветрогенераторы. В 2009 г. суммарные мощности малой ветроэнергетики превысили 100 МВт против 30 МВт в 2004 г. К 2020 г. этот показатель должен вырасти до 50 тыс. МВт. Ветряные турбины будут установлены в 15 млн домах и в 1 млн предприятий малого бизнеса. В индустрии малой ветроэнергетики будут заняты 10 тыс. человек, которые ежегодно будут производить продукции и услуг на сумму более

1 млрд долл. Оборудование для малой ветроэнергетики в настоящее время производят 95 компаний США.

Дания занимает лишь 10-е место в мире по мощности эксплуатируемых ветряных электростанций — 3465 МВт в 2009 г. против 2390 МВт в 2000 г., но является пионером ветроэнергетики, которая начала развиваться в стране с 1970-х гг. При этом Дания получает из ветра 24 % электроэнергии (к 2015 г. эта доля увеличится до 35 %, к 2040 г. — до 50 %). Три четверти ветряных турбин в стране принадлежат частным инвесторам — около 100 тысяч граждан Дании инвестировали в развитие отрасли свои средства. Дания также является одним из мировых лидеров по производству оборудования для ветроэнергетики: датские компании занимают 38 % мирового рынка, а их суммарная выручка достигает 3 млрд в год. В ветряной индустрии Дании заняты 20 тыс. человек.

Китай занимает 3-е место в мире по величине мощностей ветряных электростанций, которые составляют 25 104 МВт, что является почти десятой частью общемирового показателя. За счет ветра производится 1,3 % электроэнергии КНР. В стране построено более 60 крупных ветряных электростанций. Ежегодный рост в отрасли составляет 30–40 %. По оценкам Китайского института научных исследований климата (China Climate Science Research Institute), потенциал ветряной энергетики Китая составляет 3,22 млн МВт. Наибольшим потенциалом для развития ветроэнергетики обладает провинция Внутренняя Монголия, где могут быть расположены около 40 % ветряных мощностей Китая. Второе место по потенциалу занимает Турфанская котловина (Синьцзян-Уйгурский автономный район), ресурсы которой оцениваются в 1 млрд долл. в год с площади 1000 км². По оценкам EER Wind Research, уже в 2011 г. Китай станет крупнейшим в мире рынком сбыта ветрогенераторов. Средняя цена ветряного электричества в Китае в 2006 г. составляла 0,063–0,08 долл. за кВт-час. Государственные производители продавали ветряную электроэнергию по ценам 0,046–0,065 долл. По подсчетам китайских экспертов, если 70 % оборудования будут иметь китайское происхождение, цена электроэнергии снизится примерно до 0,054 долл. за киловатт-час. Если же 100 % оборудования ветряных электростанций будет китайского производства, то цена электроэнергии уменьшится до 0,048 долл.

Технический потенциал ветровой энергии России оценивается в более 50 трлн кВт-ч в год. Экономический потенциал составляет примерно 260 млрд кВт-ч в год, или около 30 % суммарного производства электроэнергии в РФ. Однако этот потенциал используется крайне слабо. Суммарная установленная мощность ветровых электростанций в России составляет около 15 МВт, что более чем в 1000 раз меньше, чем в Китае, Германии или США. Мощность всех ветровых электростанций России соответствует мощности 1–2 ВЭС США или Китая. Одна из крупнейших ветроэлектростанций России (мощностью 5,1 МВт) расположена в районе поселка Куликово в Калининградской области. Ее среднегодовая выработка составляет около 6 млн кВт-ч. На Чукотке действует Анадырская ВЭС мощностью 2,5 МВт (10 ветрогенераторов по 250 кВт), среднегодовой выработкой более 3 млн кВт-ч. Действуют ветростанции также в Башкирии (около деревни Тюпкильды — мощностью 2,2 МВт), в Калмыкии (в 20 км от Элисты — проектной мощностью 22 МВт при фактической мощности 1 МВт и выработкой 3–5 млн кВт-ч в год), в республике Коми (близ Воркуты — общей мощностью 1,5 МВт), на Камчатке (на острове Беринга — мощностью 1,2 МВт). Успешным примером реализации возможностей ветряных установок в сложных климатических условиях является ветродизельная электростанция на мысе Сеть-Наволок в Мурманской области мощностью до 0,1 МВт. В 17 километрах от нее в 2009 г. начато обследование параметров будущей ВЭС работающей в комплексе с Кислогубской приливной электростанцией. На разных стадиях проработки находятся проекты Ленинградской ВЭС (мощностью 75 МВт; Ленинградская область), Ейской ВЭС (72 МВт; Краснодарский край), Калининградской морской ВЭС (50 МВт; Калининградская область), Морской ВЭС (30 МВт; Карелия), Приморской ВЭС (30 МВт; Приморский край), Магаданской ВЭС (30 МВт; Магаданская область), Чуйской ВЭС (24 МВт; Республика Алтай), Усть-Камчатской ВДЭС (16 МВт;

Камчатская область); Новиковской ВДЭС (10 МВт; Республика Коми), Дагестанской ВЭС (6 МВт; Дагестан), Анапской ВЭС (5 МВт; Краснодарский край), Новороссийской ВЭС (5 МВт; Краснодарский край) и Валаамской ВЭС (4 МВт; Карелия).

Стоит отметить, что потенциал ветряной энергетики гораздо лучше, чем в России, реализован на Украине, где на побережье Таганрогского залива действует Новоазовская ВЭС мощностью 21,8 МВт.

В 2003–2005 гг. РАО ЕЭС были проведены эксперименты по созданию комплексов на базе ветрогенераторов и двигателей внутреннего сгорания. По этой программе один генератор установлен в поселке Тикси (Якутия). Все проекты в ветроэнергетике, начатые РАО, позже были переданы компании «РусГидро». В конце 2008 г. «РусГидро» начала поиск перспективных площадок для строительства ветряных электростанций [14].

Развитие ветроэнергетики в России сдерживается несколькими факторами. Многие эксперты указывают, что среднегодовая скорость ветра в большинстве регионов страны не превышает 5 м/с, и это делает развитие ветроэнергетики нерентабельным. Кроме того, российских инвесторов сдерживают высокие финансовые затраты, связанные с необходимостью закупок:

- инвертора (до 50 % стоимости ветрогенератора), который применяется для преобразования переменного или постоянного тока ветрогенератора в электроэнергию промышленного качества (220 В 50 Гц) и синхронизацию его по фазе с внешней сетью при работе генератора в параллель;

- аккумуляторных батарей (около 25 % стоимости ветрогенератора), которые используются в качестве источника бесперебойного питания при отсутствии или пропадании внешней сети;

- дизель-генератора (сравним по стоимости с ветрогенератором), который необходим для обеспечения надежного электроснабжения при длительном отсутствии ветра.

Поэтому в последнее время в России гораздо активнее изучается возможность получения с помощью ветрогенераторов не электрической энергии промышленного качества, а постоянного или переменного тока (переменной частоты) с последующим преобразованием его в тепло для обогрева жилья и получения горячей воды. Эта схема имеет следующие преимущества:

- отопление и горячее водоснабжение – наиболее востребованные источники энергии в домохозяйствах России;

- схема ветрогенератора и управляющей автоматики существенно упрощается;

- схема автоматики может быть в самом простом случае построена на нескольких тепловых реле;

- в качестве аккумулятора энергии можно использовать обычный бойлер с водой для отопления и горячего водоснабжения;

- потребление тепла не так требовательно к качеству и бесперебойности: температуру воздуха в помещении можно поддерживать в широких диапазонах – 19–25 °С, а в бойлерах горячего водоснабжения – 40–97 °С без ущерба для потребителей.

Тем не менее, в последнее время все чаще звучат заявления авторитетных российских экспертов о том, что потенциал ветроэнергетики в России практически не используется, и при стимулировании со стороны государства отрасль может стать хорошим подспорьем для нефтяников, хотя и не позволит в обозримом будущем полностью заменить традиционные источники энергии (нефть, газ, уголь). Такую точку зрения, в частности, высказали глава «Лукойла» Вагит Алекперов и гендиректор «АЕenergy» Станислав Черница [15]. По оценке С. Черницы, установка ветровых генераторов в России обойдется в несколько раз дешевле, в частности, разработки морских нефтяных месторождений. Однако она окажется эффективной лишь в местах с сильными ветрами и возможностью подключения к электросети. Наиболее перспективными российскими регионами для установки ветрогенераторов С. Черница считает Краснодарский, Камчатский и Приморский края, Чукотку, Калининградскую

и Мурманскую области. Эксперт также считает возможным использовать опыт Дании для хранения ветроэнергии в безветренную погоду. Он предлагает применить водородную энергетику: при сильном ветре превращать энергию в водород, а при его отсутствии – сжигать этот водород. С. Черница считает, что ветряная энергия может замещать 10 % потребностей России в энергии. Однако развитие отрасли тормозится отсутствием в нашей стране соответствующего законодательства.

Россия может значительно отстать от других стран по этому показателю. Уже к 2015 г. от ветряной энергии планируется получать 10 % всей электроэнергии в Канаде и Великобритании, к 2020 г. – 20 % всей электроэнергии в Германии и Новой Зеландии.

Перспективным и актуальным направлением альтернативной энергетики является *энергетика волн и приливов*. Приливные электростанции (ПЭС) пока имеются лишь в пяти странах – во Франции, Канаде, России, Южной Корее и Китае (еще одна экспериментальная станция в Норвегии была закрыта в 2007 г.). Они представляют собой особый вид гидроэлектростанций, использующих энергию морских приливов, поэтому расположены на берегах морей, где гравитационные силы Луны и Солнца дважды в сутки изменяют уровень воды. Стоит отметить, что колебания уровня воды у берега в отдельных точках планеты могут достигать 13 м. Для получения энергии залив или устье реки перекрывают плотиной, в которой установлены гидроагрегаты, способные работать как в режиме генератора, так и в режиме насоса (перекачка воды в водохранилище для последующей работы в отсутствие приливов и отливов). В последнем случае они называются гидроаккумулирующими электростанциями.

Преимуществами ПЭС являются их экологичность и низкая себестоимость производства энергии. Недостатками – высокая стоимость строительства и изменяющаяся в течение суток мощность, из-за чего ПЭС может работать только в составе энергосистемы, располагающей достаточной мощностью электростанций других типов.

В России с 1968 г. действует единственная экспериментальная Кислогубская ПЭС в Мурманской области на побережье Баренцева моря, построенная по проекту института «Гидропроект». На 2009 г. ее мощность составляла 1,7 МВт. Как было сказано выше, рядом с Кислогубской ПЭС ведется проектирование ветряной электростанции. Станция установлена в узкой части губы Кислая, где высота приливов достигает 5 м. Неподалеку от Кислогубской ПЭС проектируется Северная ПЭС мощностью 12 МВт с планируемой годовой выработкой энергии 23,8 млн кВт-ч. В отличие от Кислогубской, эта станция будет опытно-промышленной. Проект осуществляется «РусГидро» и находится на стадии практической реализации. Строительство займет 3–4 года при стоимости проекта около 4 млрд руб. Начиная с советских времен, разрабатывается также проект строительства Мезенской ПЭС (в Архангельской области) мощностью 8000 МВт с годовой выработкой энергии 38,9 млрд кВт-ч на Белом море. Размещение ПЭС в Мезенской губе выбрано в связи с большой высотой приливов, которая здесь достигает 10 м. Разработку ведет ОАО «Малая Мезенская ПЭС», дочернее предприятие «РусГидро». Проект находится на этапе разработки обоснований инвестиций.

Также с советских времен велись разработки приливных электростанций в Пенжинской губе (мощностью 87 ГВт; Магаданская область) и Тугурском заливе (8 ГВт; Хабаровский край) на Охотском море. В настоящее время работы здесь приостановлены. Пенжинская ПЭС в случае реализации проекта могла бы стать самой мощной приливной электростанцией в мире, прежде всего благодаря высоте приливов, которые здесь достигают 12,9 м – наивысшего для Тихого океана показателя.

Существующие мощности зарубежных ПЭС, как правило, значительно выше российской Кислогубской ПЭС. Крупнейшая в мире ПЭС Ля Ранс во Франции мощностью 240 МВт была построена в устье реки Ранс в 1966 г. (первая станция такого типа в мире) и включает в себя 24 турбины, находящиеся в работе в среднем 2200 ч в год. Производство электроэнергии составляет около 600 млн кВт-ч в год. Электростанция имеет, кроме того, самую большую в мире плотину длиной 800 м. Плотина служит также мостом, по которому проходит

высокоскоростная трасса, соединяющая города Сен-Мало и Динард. Перепад высот прилива и отлива в этом месте – от 12 до 18 м. Другой известной ПЭС является построенная в 1985 г. канадская Аннаполис с установленной мощностью 20 МВт. Перепад высот прилива и отлива в этом месте составляет до 18 м. Как и французская Ля Ранс, она является одним из туристических центров страны. В настоящее время активно строятся и проектируются ПЭС высокой мощности в Южной Корее. Проектируемая Инчхонская ПЭС, строительство которой должно быть завершено в июне 2017 г., будет состоять из 44 турбин мощностью по 30 МВт каждая. В совокупности мощность станции составит, таким образом, 1320 МВт и позволит вырабатывать 2,41 ТВт-ч энергии в год, что делает ее крупнейшей в мире ПЭС (см. табл. 2). Затраты на строительство Инчхонской ПЭС оцениваются в 3,4 млрд долл.

Значительное количество российских проектов строительства ПЭС (в сравнении с другими странами) объясняется тем, что все они были начаты еще во времена СССР, когда данные разработки финансировались государством. Однако вероятность практического воплощения в обозримом будущем ныне проектируемых на территории России ПЭС остается невелика в силу ограниченности ресурсов «РусГидро». Поэтому, обладая значительным научно-техническим потенциалом в энергетике приливов, Россия, скорее всего, в ближайшие годы существенно отстанет от других стран в этой сфере.

Помимо энергии приливов, неплохие перспективы для альтернативной энергетики открывает **энергия волн**, которая пока не реализована в мировой практике в промышленных масштабах и основана лишь на экспериментальных исследованиях. Данный вид альтернативной энергетики предполагает использование энергии, переносимой волнами по поверхности океана или моря. Энергия волн может использоваться не только для выработки электричества, но и, в частности, для движения судов. Мощность волнения оценивают в киловаттах на погонный метр, то есть в киловаттах на метр. По сравнению с ветровой и солнечной энергией энергия волн обладает гораздо большей удельной мощностью. Так, средняя мощ-

Таблица 2

Крупнейшие в мире приливные электростанции по состоянию на середину 2010 г.

| Название станции | Мощность, МВт | Страна | Год постройки |
|------------------------|---------------|----------------|---------------|
| Действующие | | | |
| Ля Ранс | 240 | Франция | 1966 |
| Аннаполис | 20 | Канада | 1984 |
| Джиангсиа | 3,2 | Китай | 1980 |
| Кислогубская | 1,7 | Россия | 1968 |
| Улдолмок | 1,0 | Южная Корея | 2009 |
| Строящиеся | | | |
| Озеро Сихва | 254 | Южная Корея | 2010 |
| Проектируемые | | | |
| Пенжинская | 87 000 | Россия | – |
| Севернское заграждение | 8640 | Великобритания | – |
| Мезенская | 8000 | Россия | – |
| Тугурская | 8000 | Россия | – |
| Инчхонская | 1320 | Южная Корея | 2017 |
| Залив Гарорим | 520 | Южная Корея | – |

ность волнения морей и океанов, как правило, превышает 15 кВт/м. При высоте волн в 2 м мощность достигает 80 кВт/м. То есть, при освоении поверхности океанов не может быть нехватки энергии. В механическую и электрическую энергию можно преобразовать только часть мощности волнения, но для воды коэффициент преобразования выше, чем для воздуха (как в случае с ветровыми электростанциями) — до 85 %. Волновая энергия представляет собой сконцентрированную энергию ветра и, в конечном итоге, солнечной энергии. Мощность, полученная от волнения всех океанов планеты, не может быть больше мощности, получаемой от Солнца. Но удельная мощность электрогенераторов, работающих от волн, может быть гораздо большей, чем для других альтернативных источников энергии.

Энергия морских волн значительно выше энергии приливов и может быть использована шире. Страны с большой протяженностью побережья и постоянными сильными ветрами (Великобритания, Ирландия, Норвегия, Япония) могут генерировать до 5 % требуемой электроэнергии за счет энергии волн. В частности, в Великобритании в 2009 г. создан волновой генератор «Устрица» (Oyster) — крупнейший в мире волновой электрогенератор (электростанция), вырабатывающий энергию из морских волн. Он установлен на дне моря в районе Оркнейских островов недалеко от берега на глубине 10–16 м. Поплавок, закрепленный на дне на мощных рычагах, раскачивается под действием пробегающих над ними волн и приводит в движение двусторонний поршневой насос, который гонит морскую воду на берег по трубе, где она крутит ротор гидроэлектрогенератора.

Избыток генерируемой энергии — общая проблема всех непостоянных источников энергии — может быть использован для выработки водорода или алюминия.

Геотермальная энергетика — еще одно сравнительно молодое направление альтернативной энергетики, основанное на производстве электрической и тепловой энергии за счет тепла, содержащегося в недрах земли, на геотермальных станциях (ГеоТЭС). Ее достоинством, как и у других альтернативных видов энергии, является экологическая чистота и возобновляемость ресурсов. Кроме того, геотермальная энергия не зависит от условий окружающей среды, времени суток и года (в отличие от ветряной и энергии приливов). Недостатками данного вида энергии является ее сравнительно низкая энергоэффективность, а также то, что геотермальные электростанции не могут быть повсеместными (они должны возводиться непосредственно вблизи геотермальных источников энергии). К минусам в использовании геотермальной энергии относятся также возможная просадка грунта и даже землетрясения. Большую сложность представляет необходимость обратной закачки отработанной воды в подземный водоносный горизонт, что объясняется высоким содержанием в термальных водах солей токсичных металлов (бора, свинца, цинка, кадмия, мышьяка) и химических соединений (аммиака, фенолов), сброс которых в природные водоемы ведет к их загрязнению.

ГеоТЭС используют энергию вулканов и гейзеров; доступ к подземным теплым водам производится при помощи глубинного бурения скважин. Широко распространено также использование энергии сухих высокотемпературных пород, которое доступно при помощи закачки и последующего отбора из них перегретой воды. Наиболее перспективным направлением считается использование геотерм в качестве источника тепла, а не электроэнергии, либо смешанного использования воды и пара для горячего водоснабжения, теплоснабжения и выработки электроэнергии.

От источника геотермальной энергии зависит устройство ГеоТЭС. Подземные термальные воды чаще всего используются для теплоснабжения и горячего водоснабжения. Данные геологоразведки показали наличие в Западной Сибири подземного моря площадью 3 млн м² с температурой воды 70–90 °С. Крупные запасы подземных термальных вод обнаружены также в Дагестане, Северной Осетии, Чечне, Ингушетии, Кабардино-Балкарии, в Ставропольском и Краснодарском краях, на Камчатке и в ряде других регионов России. Среди других стран СНГ они также обнаружены в Казахстане.

Потенциальная суммарная рабочая мощность геотермальных электростанций в мире уступает большинству станций, работающих на других альтернативных источниках энергии.

Однако данное направление энергетики получило развитие в силу высокой энергетической плотности в отдельных географических зонах, где отсутствуют или относительно дороги горючие полезные ископаемые, а также благодаря мерам государственной поддержки. Хозяйственное применение геотермальных источников наиболее распространено на Филиппинах и в Исландии – в странах вулканов и гейзеров, где их энергия используется преимущественно для обогрева помещений и обеспечивает более четверти производства всего электричества. Также геотермальная энергетика активно развивается в Италии, Франции, Литве, Израиле, Кении, Мексике, Никарагуа, Коста-Рике, Индонезии, Китае, Японии, Новой Зеландии. Установленная мощность ГеоТЭС в мире на начало 1990-х гг. составляла 5000 МВт, к началу 2000-х гг. – около 6000 МВт, а к концу 2008 г. выросла до 10 500 МВт [16]. В 2020 г., по оценкам экспертов, этот показатель достигнет 31 тыс. МВт. Суммарный объем инвестиций в строительство объектов геотермальной энергетики в мире увеличится с нынешних 13 млрд до 19,9 млрд долл. в год.

Данный вид альтернативной энергии считает достаточно перспективным. Основные работы ведутся в направлении поиска новых источников перегретых вод. По оценкам экспертов, наилучшими перспективами в отношении развития геотермальной энергетики являются множественные вулканические зоны планеты, в том числе обширные территории Кордильеров и Анд, Камчатка, Курильские, Японские и Филиппинские острова. В России к 2006 г. разведано 56 месторождений термальных вод с дебитом, превышающим 300 тыс. м³/сут. На 20 месторождениях ведется промышленная эксплуатация, среди которых Паратунское (Камчатский край), Казьминское (Ставропольский край), Черкесское (Карачаево-Черкессия), Кизлярское и Махачкалинское (Дагестан), Мостовское и Вознесенское (Краснодарский край).

Крупнейшим производителем геотермальной электроэнергии являются США, где в 2009 г. действовали 77 ГеоТЭС суммарной мощностью 3086 МВт [17]. До 2013 г. планируется строительство еще более 4400 МВт мощностей. Основные промышленные зоны страны расположены в зонах гейзеров – в 100 км к северу от Сан-Франциско (1360 МВт установленной мощности), в северной части Соленого моря в центральной части штата Калифорния (570 МВт), а также в штате Невада (235 МВт). Геотермальная электроэнергетика, наряду с другими альтернативными видами энергии, получает в США правительственную поддержку.

На Филиппинах (по данным на 2003 г.) установлено 1930 МВт мощностей ГеоТЭС, причем парогидротермы обеспечивают производство около 27 % всей электроэнергии в стране. Третья в мире страна по установленной мощности геотермальных станций – Мексика (953 МВт), причем в крупнейшей геотермальной зоне страны Серро Прието расположены станции общей мощностью 750 МВт. Четвертой страной мира по мощностям геотермальных энергоустановок является Италия (790 МВт), пятой – Исландия, где функционируют пять теплофикационных геотермальных электростанций общей мощностью 570 МВт, производящие 25 % всей электроэнергии в стране. В Кении (по данным на 2005 г.) действуют три ГеоТЭС общей мощностью 160 МВт, однако существуют планы по их расширению до 576 МВт.

В России все ГеоТЭС расположены на Камчатке и Курильских островах, поскольку суммарный потенциал одной Камчатки оценивается в 1 ГВт рабочей электрической мощности. Практически потенциал реализован менее чем на 1 %: суммарные мощности российских станций составляют 82,6 МВт; в год вырабатывается около 450 млн кВт-ч энергии, что в 35 раз меньше, чем в США. Основными месторождениями являются Мутновское (на склонах вулкана Мутновский), где расположены Верхне-Мутновская ГеоТЭС установленной мощностью 12 МВт (введена в эксплуатацию в 1999 г.) и Мутновская ГеоТЭС (введена в 2003 г.) мощностью 50 МВт (проектная мощность – 80 МВт), которая вырабатывает 360,7 млн кВт-ч энергии в год. Две эти станции в сумме обеспечили до 30 % энергопотребления центрального Камчатского энергоузла, что позволило значительно ослабить зависимость полуострова от дорогостоящего привозного мазута. Паужетское месторождение на Камчатке возле вулканов Кошелева и Камбального используется старейшей в России Паужетской ГеоТЭС (введена в

1966 г.) мощностью 14,5 МВт с выработкой 59,5 млн кВт-ч энергии в год [18]. Сейчас осуществляется реконструкция станции с увеличением ее мощности до 17 МВт за счет реализации проекта создания пилотного бинарного энергоблока мощностью 2,5 МВт. Месторождение на острове Итуруп (Курильские острова) используется Океанской ГеоТЭС (введена в 2006 г.) установленной мощностью 2,5 МВт. Существует также проект строительства новой станции (либо расширения действующей) мощностью 34,5 МВт с годовой выработкой 107 млн кВт-ч. Кунаширское месторождение на Курильских островах (около вулкана Менделеева) используется Менделеевской ГеоТЭС (введена в эксплуатацию в 2002 г.) мощностью 3,6 МВт, которая осуществляет теплоснабжение Южно-Курильска. На станции в настоящее время также проводится модернизация с увеличением мощности. Помимо Дальнего Востока, в Ставропольском крае на Каясулинском месторождении было начато строительство дорогостоящей опытной Ставропольской ГеоТЭС мощностью 3 МВт, которое в настоящее время приостановлено.

Космическая энергетика предполагает получение электроэнергии от солнечной энергии в фотоэлектрических элементах, расположенных на орбите Земли. Визуально космическая станция представляет собой огромные зеркальные крылья, подобие электромагнитной пушки, и наземную приёмную антенну примерно 10 км в диаметре. Электроэнергия будет передаваться на землю в форме микроволнового излучения [19]. Еще в 1970-х гг. американское правительство выделило агентству NASA и компании «Boeing» 20 млн долл. на разработку проекта гигантского спутника SPS (Solar Power Satellite) в рамках развития космической энергетике. В 2007 г. Национальное космическое общество (NSS) представило на рассмотрение Минобороны США доклад с анализом перспектив развития космической энергетике и прообразом будущей орбитальной электростанции.

Проблемы постройки станции, несмотря на многие ее достоинства, свелись к следующему:

– слишком большой размер приемной антенны на Земле – около 10 км в диаметре, в том числе диаметр спутникового трансмиттера – 1 км (при передаче энергии на частоте 2,45 ГГц это позволяет поддерживать оптимальное соотношение размеров передатчика и приёмника);

– отсутствие в настоящее время электроники, способной работать при сверхвысоких температурах (под воздействием прямых солнечных лучей) и преобразовывать электричество в микроволновое излучение;

– возможность эффективной передачи сигнала с орбиты, несмотря на оптимизм разработчиков, не очевидна. Впрочем, на Гавайях уже удалось осуществить трансмиссию импульса на расстояние 148 км, что выше официальной границы между земной атмосферой и космосом. Поскольку планируется передавать неионизирующее излучение, проблем при прохождении им ионосферы возникнуть не должно. Однако остается открытым вопрос, удастся ли с учетом рассеивания и адсорбции удержать КПД трансляции на приемлемом уровне;

– техническая и финансовая сложность доставки станции на орбиту. По расчетам NSS, при нынешней стоимости запусков ракет, киловатт энергии не может «весить» больше 3–6 кг. По расчетам космического общества, в верхнюю границу этого диапазона проект укладывается, вопрос упирается в финансирование и поддержку правительства;

– технико-экономическое обоснование проекта предполагает его роботизированную сборку на орбите. У части экспертов это также вызывает сомнения, поскольку при возникновении проблем весь проект оказывается под вопросом.

Тем не менее, авторы проекта полны оптимизма. По оценкам Джона Мэнкинса, ранее работавшего над аналогичной программой в NASA, демонстрационную модель спутника мощностью 100 МВт удастся запустить в космос уже в 2017 г. А к 2020–2025 гг. в космос отправятся 5 комплексов суммарной мощностью 20 ГВт.

А тем временем, первой запустить космическую электростанцию мощностью около 20 МВт может коммерческая корпорация «Solaren» из Калифорнии. По ее расчетам, уже в 2016 г. 250 тыс. домов в округе Фресно смогут получать электричество из космоса. Весной 2009 г. Solaren заключила соглашение с местной энергетической компанией «Pacific Gas & Electric»,

согласно которому PG & E будет выкупать у «Solaren» космическое электричество по ценам на уровне других возобновляемых источников энергии. «Solaren» – небольшая компания, которая планирует привлечь к реализации проекта до 100 ученых и инженеров, а также такие промышленные гиганты, как «Boeing» и «Lockheed Martin». Сотрудники компании считают, что для постройки и запуска солнечных орбитальных (космических) станций не потребуется создавать новые технологии или ракеты-носители, а можно использовать уже имеющиеся. «Solaren» планирует вывести на геостационарную орбиту 4–5 спутников системы, которые развернут легкие зеркала поперечником в сотни метров. Они сконцентрируют свет от Солнца на уже не столь крупных массивах солнечных батарей. Полученная энергия будет преобразована в СВЧ-лучи, которые спутники направят на Землю, где армия приемных антенн, занимающих площадь несколько квадратных километров, преобразует падающий микроволновый поток в электричество.

Вслед за США космическую энергию готовится использовать Япония. В 2009 г. 16 японских компаний, включая «Mitsubishi Heavy Industries», заключили соглашение о создании орбитальной солнечной электростанции, которая будет поставлять энергию 300 тыс. домов в окрестностях Токио [20]. Проект «Space solar power system» (SSPS) предусматривает развертывание на геостационарной орбите поля из солнечных панелей площадью 4–6 км². Произведенную энергию будет доставлять на Землю либо поток микроволнового излучения, либо мощный и высокоэффективный лазер. Средняя выходная мощность такой системы должна составить 1 ГВт («на грунте», с учетом всех потерь при передаче из космоса), пиковая – 1,6 ГВт. Работать космическая электростанция сможет круглосуточно и вне зависимости от качества погоды. Для построения космической электростанции еще предстоит решить ряд инженерных вопросов, в том числе обеспечить сборку сооружения на орбите. В стоимости проекта львиную долю занимает не цена солнечных преобразователей, а затраты на запуски ракет, которые призваны доставить станцию на орбиту. По расчетам японских специалистов, проект может стоить 22 млрд долл., что дешевле оценок американцев. Однако японцы закладывают в свои расчеты снижение стоимости доставки станции на орбиту до 110 млн долл. за пуск. Действительно, небольшая частная американская компания «SpaceX», рекламирующая свои пусковые услуги на орбиту как самые доступные в мире, выполняет один рейс тяжелой ракеты «Falcon-9» за 133,3 млн долл.

До 2013 г. 16 японских компаний будут заниматься детальной проработкой проекта. Примерно в 2015 г. они намерены запустить на низкую орбиту демонстрационный спутник, который будет не только вырабатывать электричество своими солнечными панелями, но и сбрасывать его на Землю по «силовому лучу» (тип которого пока не обозначен). Мощность такого прототипа летающей солнечной станции составит 100 кВт. А полноразмерную промышленную установку на орбите Япония намерена развернуть в 2030 г.

Водородная энергетика, в отличие от других видов альтернативной энергетики, предполагает производство энергии не в крупных промышленных масштабах с последующим перераспределением конечным пользователям по электрическим и тепловым сетям, а в небольших масштабах преимущественно в виде водородных двигателей. В частности, в двигателях автомобилей и автобусов более выгодным оказывается использовать вместо бензина жидкий водород. Этот легкий газ, имеющий наибольшую теплоту сгорания, лучше всего подходит для экологически чистого получения энергии. При разложении воды электролитическим способом высвобождается кислород и водород. Последний, сжигаясь в двигателе, соединяется с кислородом из атмосферного воздуха и образует воду, которая вновь вводится в оборот водородной энергетике. Водорода на планете практически неограниченное количество, перекачать газ к месту сжигания в десятки раз дешевле, чем транспортировать электричество. В качестве топлива водород высокоэффективен и не загрязняет окружающую среду. Однако развитию водородной энергетике препятствуют трудности получения, хранения и эксплуатации водорода. В частности, в так называемом «водородном двигателе» немалую роль играют такие дорогостоящие материалы, как палладий и платина.

В настоящее время существуют различные способы производства водорода, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Примерно половина водорода производится путем паровой конверсии природного газа и метана; себестоимость процесса составляет 2–5 долл. за 1 кг водорода. Несколько дешевле обходится газификация угля (2–2,5 долл. за 1 кг) и использование атомной энергии (в среднем 2,33 долл. за 1 кг). Водород получают также путем электролиза воды (себестоимость – 6–7 долл.) из биомассы (биоводород), мусора при химической реакции воды с металлами, из энергии ветра и солнца, а также с использованием водорослей. Активно разрабатываются в последнее время также домашние системы производства водорода (водородные мини-электростанции). Домашние энергетические станции в настоящее время имеют мощность 0,75–1 кВт и предназначены для выработки электроэнергии в течение 8 ч в сутки и производства тепла и горячей воды – 24 ч в сутки. Установки мощностью 5 кВт предназначаются для нескольких коттеджей. Они зачастую используются только для выработки электроэнергии. Популярность малых домашних комбинированных (электричество и тепло) установок связана с тем, что они имеют высокий КПД, малые выбросы углекислого газа, легко могут быть встроены в существующую инфраструктуру. Такая энергетическая установка занимает размер не больше домашнего бойлера и может работать на природном газе, пропане или керосине, а некоторые – также на сжиженном нефтяном газе. По состоянию на конец 2006 г. во всем мире эксплуатировалось примерно 5000 малых стационарных водородных электростанций, большинство из них – в Японии. К середине 2008 г. в Японии было установлено около 3000 бытовых энергетических установок на водородных топливных элементах, а их стоимость снизилась примерно до 19 тыс. долл. за одну установку.

Наиболее известно и распространено использование водородной энергии на транспорте. Однако развитие этого направления сдерживается не отсутствием специальных транспортных средств, работающих на водородных двигателях, а нехваткой водородных АЗС. К концу 2008 г. в мире функционировало лишь 175 водородных автомобильных заправочных станций [21], из них 46 % – в Северной Америке, 14 % – в Японии, 13 % – в Германии. Большинство АЗС работает с газообразным водородом и лишь небольшая доля – с жидким. В то же время, в последние годы инфраструктура водородных АЗС активно развивается: в частности, компания General Motors заявила о планах строительства 12 тыс. АЗС в городах США и вдоль главных автострад. Стоимость проекта компания оценивает в 12 млрд долл. Активно реализуются в США и Канаде также программы «водородных шоссе» – массового строительства водородных заправочных станций вдоль крупных автомобильных дорог (в штатах Калифорния, Нью-Йорк, Иллинойс, Флорида, Миннесота, Висконсин, Дакота, Айова, в канадских штатах Манитоба и Британская Колумбия). В Скандинавских странах образовано совместное партнерство «Scandinavian Hydrogen Highway Partnership» (SHHP), которое в 2012–2015 гг. планирует вывести на дороги 100 автобусов, 500 автомобилей и 500 специализированных транспортных средств, работающих на водороде. Будет построено 15 АЗС, самостоятельно производящих водород, и 30 станций в сельской местности. В Норвегии в мае 2009 г. открыто водородное шоссе между Осло и Ставангером (580 км).

Помимо развития сети водородных АЗС ведется работа в направлении использования водорода в качестве топлива для двигателя внутреннего сгорания или смесей топлива с водородом (например, H₂CNG – смеси водорода и природного газа, где содержание водорода составляет 5–30 %). В январе 2006 г. Mazda начала продажи битопливного автомобиля «Mazda RX-8» с роторным двигателем, который может потреблять и бензин, и водород. Берлинская транспортная компания BVG (Berliner Verkehrsbetriebe) закупила к ноябрю 2009 г. 14 автобусов MAN с двигателями внутреннего сгорания, работающими на водороде. В будущем планируется закупить 250 таких автобусов (20 % автопарка компании). «Ford Motor Company» в 2006 г. также начала выпуск автобусов E-450 с двигателями внутреннего сгорания на водороде. В настоящее время ограниченными партиями также выпускается «BMW Hydrogen 7» – легковой автомобиль, работающий на бензине и жидком водороде

По расчетам «National Renewable Energy Laboratory» (США), потребление водорода легковыми автомобилями составляет в среднем 1 кг на 96 км пробега. В среднем легковому автомобилю требуется 200 кг водорода в год, или 0,55 кг в день.

В настоящее время также активно исследуются возможности использования водородной энергии в железнодорожном, водном и авиационном транспорте. Так, германский танкер «Hydrogen challenger» производит водород на борту из энергии ветра. В Германии также производятся подводные лодки класса U-212 с топливными элементами производства «Siemens AG», стоящие на вооружении Германии. Под водой лодка работает на водороде и практически не производит шумов. Испанская судостроительная компания «Navantia, S.A.» планирует начать производство подводных лодок класса S-80 для охраны побережья страны с силовыми установками на водородных топливных элементах мощностью 300 кВт. Водород производится на борту подводной лодки из этанола. Применение водородных топливных элементов позволит сократить уровень шумов и увеличить время нахождения под водой. С августа 2008 г. началась эксплуатация «Zemships» — кораблей с силовой установкой на водородных топливных элементах. Исландия планирует перевести на водород все рыболовецкие суда страны. В Дании в рамках проекта «Danish Hydrogen Train» курсирует пригородный «водородный поезд» (протяженность маршрута — 59 км). В Калифорнии (США) в 2009 г. был запущен в эксплуатацию локомотив с силовой установкой на водородных топливных элементах. В Японии в ближайшее время состоится пуск поезда на водородных топливных элементах, который сможет развивать скорость 120 км/ч при дальности пробега на одной заправке 300–400 км. Его прототип был испытан в феврале 2004 г. Первый пилотируемый полет самолета с силовой установкой на водородных топливных элементах мощностью 20 кВт состоялся 3 апреля 2008 г. Проект разрабатывался компанией «Boeing» и группой европейских компаний. «Fraunhofer Institute» (Германия) в настоящее время разрабатывает беспилотный вертолет с силовой установкой на водородных топливных элементах. Также беспилотные летательные аппараты с топливными элементами разрабатываются компаниями США и Израиля.

Водородная энергетика все активнее применяется и в стационарных условиях (в виде электростанций). Но масштабы ее использования пока невелики. К концу 2006 г. во всем мире было установлено примерно 800 стационарных энергоустановок на топливных элементах мощностью более 10 кВт. Их суммарная мощность составила около 100 МВт. Они работают на природном газе и биотопливе (древесные отходы, сточные воды, отходы пластика).

В России первые публикации о водородных топливных элементах появились в 1941 г., а первые исследования относятся к 1960-м гг. В 1999 г. «АвтоВАЗ» начал работы с топливными элементами; к 2003 г. на базе автомобиля ВАЗ-2131 было создано несколько опытных экземпляров, у которых в моторном отсеке располагались батареи топливных элементов, а баки со сжатым водородом — в багажном отделении. В 2003 г. «Норильский никель» и Российская академия наук подписали соглашение о ведении научно-исследовательских работ в сфере водородной энергетике. Компания вложила в исследования 40 млн долл. В 2005–2008 гг. действовала основанная «Норникелем» инновационная компания «Новые энергетические проекты», задачами которой являлись разработка и внедрение топливных элементов. В 2009 г. она была признана банкротом. Проекты в области водородной энергетике в России внедряются крайне медленно.

В настоящее время основными факторами, сдерживающими внедрение водородных технологий в мировой практике, являются:

- их более высокая себестоимость по сравнению с традиционными источниками топлива;
- отсутствие водородной инфраструктуры (прежде всего, АЗС);
- несовершенные технологии хранения водорода;
- отсутствие стандартов безопасности, хранения, транспортировки и применения водорода;
- безопасное хранение водорода требует большего объема топливных баков по сравнению с бензином. Поэтому в разработанных на сегодня автомобилях замена топлива на водород приводит к значительному уменьшению объема багажника.

Особое место в альтернативной энергетике занимает **биотопливо**. Его получают из биологического сырья, как правило, в результате переработки стеблей сахарного тростника или семян рапса, кукурузы, сои. Существуют также проекты разной степени проработанности, направленные на получение биотоплива из целлюлозы и различного типа органических отходов (например, куриный жир, жареный картофель), но эти технологии находятся в ранней стадии разработки или коммерциализации. Различается жидкое биотопливо (для двигателей внутреннего сгорания, например, этанол, метанол, биодизель), твердое биотопливо (дрова, солома) и газообразное (биогаз, синтез-газ, водород). Однако в альтернативной энергетике использование твердого биотоплива считается нерациональным, так как приводит к уничтожению лесов. Проблемой является также необходимость производства продуктов для биотоплива в таком количестве, которое оставляло бы ресурсы для питания. Неудивительно, что интенсивный рост цен на продовольствие (прежде всего, на зерно и сахар) накануне глобального финансово-экономического кризиса (в 2007–2008 гг.) во многом объяснялся тем, что значительная часть урожая в условиях высоких цен на нефть и традиционные виды топлива стала направляться на производство биотоплива.

Среди жидких видов биотоплива наиболее распространены биоэтанол, биометанол, биобутанол, диметиловый эфир и биодизель. Мировое производство биоэтанола в 2009 г. составило 73,9 млрд л (58,3 млн метрических тонн); 55 % производится в США, 33,7 % – в Бразилии. В Бразилии биоэтанол создается преимущественно из сахарного тростника, а в США – из кукурузы. При этом производство этанола из тростника экономически более выгодно, чем из кукурузы. Большим потенциалом также обладают клубни маниока, который выращивается в Китае, Таиланде, Нигерии. Себестоимость производства биоэтанола из маниока в Таиланде – около 35 долл. за баррель нефтяного эквивалента. Этанол можно производить в больших количествах из целлюлозы, однако эти технологии пока экономически нерентабельны. США в 2007 г. начали реализацию программы сокращения потребления бензина на 20 % за 10 лет; при этом 15 % бензина предполагается заменить биотопливом. К 2022 г. планируется увеличить производство этанола в США в 3,3 раза по сравнению с 2009 г. При этом 45 % этанола должно производиться из непищевого сырья (целлюлозы).

Этанол не является полностью экологически чистым топливом: при его сгорании в выхлопных газах двигателей появляются формальдегид и ацетальдегид, которые наносят живым организмам не меньший ущерб, чем ароматические углеводороды.

В настоящее время биоэтанол в качестве топлива используют автомобили «Koenigsegg CCXR», «Saab Aero-X», «Saab 9-3», «Ford Focus» и «Ford C-MAX Flexifuel». В последние годы особенно широкое распространение получили двигатели flex-fuel компании «Ford», которые могут работать как на бензине, так и на смеси бензина с этанолом, причем в любой пропорции (например, топливо E85 предполагает 85 % этанола и 15 % бензина). В 2007 г. в Европе было продано 17,5 тыс. автомобилей «Flexifuel». В Бразилии смешанные двигатели flex-fuel имеют 15 % автомобилей. К 2015 г. ожидается увеличение их доли до 70 %. В 2007 г. в Бразилии было продано 2 млн новых биотопливных автомобилей (85,6 % всех новых автомобилей). На середину 2010 г. в мире насчитывалось 21 млн автомобилей с двигателем flex-fuel, в том числе в Бразилии – 10,6 млн, в США – 9,3 млн, в Канаде – более 600 тыс., в Европе (преимущественно в Швеции) – 199 тыс.

Биометанол рассматривается в качестве биотоплива, получаемого из микроскопических водорослей. Первичное производство биомассы осуществляется путем культивирования морского фитопланктона в искусственных водоемах («цветение воды»), создаваемых на морском побережье. Вторичные процессы представляют собой метановое брожение биомассы и последующее гидроксигирование метана с получением метанола. Использовать водоросли для производства биотоплива позволяют высокая продуктивность фитопланктона (до 100 т/га в год), неиспользование при производстве плодородных почв и пресной воды, отсутствие конкуренции с сельскохозяйственным производством (в отличие от производства биоэтанола), а также высокая энергоотдача биомассы. Эксперты указывают, что производство биометано-

ла имеет существенные экономические преимущества по сравнению со многими другими альтернативными источниками энергии.

Энергия бутанола (бутилового спирта) сопоставима с энергией бензина; в промышленных целях их можно смешивать. Бутанол может использоваться в топливных элементах или в качестве сырья для производства водорода (в водородной энергетике). В настоящее время этанол производится преимущественно из нефти. Однако сырьем для него могут быть также сахарный тростник, свекла, кукуруза, пшеница, маниок; ведутся работы по получению бутанола и из целлюлозы. Технология производства биобутанола разработана компанией «DuPont Biofuels». Компании «Associated British Foods» (ABF), BP и «DuPont» строят в Великобритании завод по производству биобутанола мощностью 20 тыс. л в год из различного сырья.

Диметиловый эфир также является экологически чистым топливом, не содержащим серы, с содержанием оксидов азота в выхлопных газах на 90 % меньше, чем у бензина. Применение диметилового эфира на транспорте не требует специальных фильтров, но необходима переделка систем питания (установка газобаллонного оборудования, корректировка смесеобразования) и зажигания двигателя. Диметиловый эфир может производиться как из угля, природного газа, так и из биомассы. Большое количество диметилового эфира получается из отходов целлюлозно-бумажного производства. Сжижается диметиловый эфир при небольшом давлении. Активно планирует использовать диметиловый эфир в качестве топлива Китай: в ближайшие 5 лет КНР планирует производить 5–10 млн т диметилового эфира в год. Автомобили с двигателями, работающими на диметиловом эфире, разрабатывают китайская компания «SAIC Motor», а также «Volvo», «Nissan» и российский КамАЗ.

Биодизель – топливо на основе жиров животного, растительного и микробного происхождения, а также продуктов их этерификации. Для его получения используются растительные или животные жиры. Сырьем могут служить рапсовое (в Европе), соевое (в США), пальмовое (в Индонезии, на Филиппинах), кокосовое масло (на Филиппинах), касторовое масло (в Бразилии), другие виды масла-сырца, а также отходы пищевой промышленности. Разрабатываются технологии производства биодизеля из водорослей. Основную массу биодизеля производят США (более 2,6 млрд л в год), Бразилия (450 млн), Аргентина (50 млн), страны Евросоюза (9 млн). Преимуществами биодизеля являются его хорошие смазочные характеристики, что продлевает срок жизни двигателя (например, грузовик из Германии попал в Книгу рекордов Гиннеса, проехав более 1,25 млн км на биодизельном топливе со своим оригинальным двигателем), более высокое цетановое число, нет необходимости модернизировать автомобильный двигатель, высокая температура воспламенения (более 150 °С), что делает биогорючее сравнительно безопасным веществом. Основные недостатки биодизеля – необходимость подогревать его в холодное время года при подаче из топливного бака в топливный насос (либо применять смеси из 20 % биодизеля и 80 % солярки марки В20), небольшой срок хранения (около 3 месяцев), а также расходование верхнего плодородного слоя почвы при производстве топлива из растений.

В России нет единой госпрограммы развития биодизельного топлива, но разрабатываются региональные программы, например Алтайская краевая целевая программа «Рапс – биодизель». В Липецкой области создана Ассоциация производителей рапсового масла. Планируется строительство заводов по производству биодизеля в Липецкой, Ростовской, Волгоградской, Орловской, Омской областях, в Татарстане, Алтайском и Краснодарском краях. После испытаний биодизеля, произведенного из рапсового масла, на тепловозах депо Воронеж-Курский Юго-Восточной железной дороги в 2006–2007 гг., РЖД заявила о готовности использовать биодизель в промышленных масштабах на своих тепловозах [22].

К газообразным видам биотоплива относятся биогаз и биоводород. Биогаз – продукт сбраживания биомассы, представляющий собой смесь метана и углекислого газа. Разложение биомассы происходит под воздействием бактерий класса метаногенов. После очистки биогаза от углекислого газа получается биометан – полный аналог природного газа, отличающийся от него лишь происхождением. Для производства биогаза пригоден широкий перечень

органических отходов: навоз, птичий помет, зерновая и меласная послеспиртовая барда, пивная дробина, свекольный жом, фекальные осадки, отходы рыбного и забойного цеха (кровь, жир, кишки, каньга), трава, бытовые отходы, отходы молокозаводов – соленая и сладкая молочная сыворотка, отходы производства биодизеля – технический глицерин от производства биодизеля из рапса, отходы от производства соков, виноградная выжимка, водоросли, отходы производства крахмала и патоки, переработки картофеля, производства чипсов, кофейная пульпа и т. п. Также биогаз можно производить из специально выращенных энергокультур, например, из силосной кукурузы или силфия, а также из водорослей. Выход газа может достигать до 300 м³ из 1 т биомассы. Он зависит от содержания сухого вещества и вида используемого сырья. Из тонны навоза крупного рогатого скота получается 50–65 м³ биогаза с содержанием метана 60 %, 150–500 м³ биогаза с содержанием метана до 70 % – из тонны различных видов растений. Максимальное количество биогаза – 1300 м³ с содержанием метана до 87 % можно получить при брожении жира. При этом вода, содержащаяся в биомассе, не дает газа, поэтому принято учитывать выход газа из брожения 1 г сухого вещества биомассы – его получают 300–500 л.

Биогаз используют в качестве топлива для производства электроэнергии, тепла или пара, а также в качестве автомобильного топлива. Биогазовые установки могут устанавливаться как очистные сооружения на фермах, птицефабриках, спиртовых заводах, сахарных заводах, мясокомбинатах. Биогазовая установка может заменить ветеринарно-санитарный завод, т. е. падаль может утилизироваться в биогаз вместо производства мясо-костной муки. Среди промышленно развитых стран ведущее место в производстве и использовании биогаза по относительным показателям принадлежит Дании, где биогаз занимает до 18 % в энергобалансе. По абсолютным показателям по количеству средних и крупных установок лидирует Германия – 8 млн. В Западной Европе не менее половины птицеферм отапливаются биогазом. В развивающихся странах (Индия, Вьетнам, Непал) строят преимущественно малые (односемейные) биогазовые установки. Получаемый газ используется для приготовления пищи. Больше всего малых биогазовых установок в Китае – более 18 млн (данные на конец 2006 г.), которые производят 10,9 млн т условного топлива. В Индии – 3,8 млн малых биогазовых установок, в Непале действует программа поддержки развития биогазовой энергетики, благодаря которой в сельской местности к концу 2009 г. было создано 200 тыс. малых биогазовых установок.

На транспорте биогаз используют в качестве топлива «Volvo» и «Scania», которые производят автобусы с биодвигателями. Такие автобусы активно функционируют в швейцарских городах (Берн, Базель, Женева, Люцерн и Лозанна). Сейчас на биогазе работает около 10 % автотранспорта Швейцарии. Кроме того, муниципалитет столицы Норвегии – Осло, в начале 2009 г. перевел на биогаз 80 городских автобусов. Стоимость биогаза составляет 0,4–0,5 евро за литр в бензиновом эквиваленте. При успешном завершении испытаний на биогаз будут переведены 400 автобусов [23].

Запасы биогаза в России очень велики и оцениваются в 90 млрд м³, но они практически не используются. Россия ежегодно накапливает до 300 млн т в сухом эквиваленте органических отходов, в том числе 250 млн – в сельскохозяйственном производстве и 50 млн – в виде бытового мусора. Эти отходы могут выступить сырьем для производства биогаза. Недостаточно используется потенциал производства биогаза и в других странах. поголовье коров в США составляет 8,5 млн. Биогаз, получаемый из их навоза, может обеспечить топливом 1 млн автомобилей. Потенциал биогазовой индустрии Германии оценивается в 100 млрд кВт-ч энергии к 2030 г., что будет составлять около 10 % потребляемой страной энергии.

Биоводород – водород, полученный из биомассы термохимическим (нагрев биомассы без доступа кислорода до 500–800 °С), биохимическим (когда водород вырабатывают различные бактерии, например, *Rhodobacter sphaeroides*, *Enterobacter cloacae*, при температуре около 30 °С и нормальном давлении) или другим способом (например, водорослями). Себестоимость производства биоводорода – 5–7 долл. за 1 кг при термохимическом методе и 2 долл. за 1 кг при биохимическом.

Как уже говорилось выше, критики развития биотопливной индустрии указывают на то, что растущий спрос на биотопливо вынуждает сельхозпроизводителей сокращать посевы под продовольственными культурами в пользу топливных [24]. Данные заявления не лишены основания. По расчетам экономистов из Университета Миннесоты, в результате биотопливного бума число голодающих на планете к 2025 г. возрастет до 1,2 млрд человек. Кроме того, в Индонезии и Малайзии для создания пальмовых плантаций вырубается значительные площади тропических лесов, что кардинально меняет сложившийся веками экологический баланс в регионе. С другой стороны, по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), рост потребления биотоплива поможет диверсифицировать сельскохозяйственную и лесную деятельность, улучшит безопасность продуктов питания, будет способствовать экономическому развитию развивающихся стран, создаст в них новые рабочие места, снизит зависимость развивающихся экономик от импорта нефти. Кроме этого, производство биотоплива позволит вовлечь в оборот неиспользуемые земли. Так, в Мозамбике сейчас сельское хозяйство ведется на 4,3 млн га из 63,5 млн га потенциально пригодных земель.

В последние годы ускоренное развитие в Европе и других странах мира получают также такие виды энергетики, как **атомная энергетика** и **производство сланцевого газа**, которые некоторые эксперты называют альтернативными. Это не вполне корректно. Атомная энергетика, несмотря на ее дешевизну и связанное с этим возобновление работ в некоторых странах, ранее принявших решение о закрытии атомных реакторов, является экологически опасной и не использует биологических видов топлива. С другой стороны, высокие цены на энергоресурсы диктуют необходимость ее более широкого использования во Франции, Бельгии, Финляндии, Швеции, Болгарии, Швейцарии, а также в России. В частности, во Франции в настоящее время до 80 % электроэнергии производится на атомных электростанциях. В США на АЭС производят лишь 1/8 своей электроэнергии, однако это составляет около 20 % общемирового производства на атомных станциях. Производство природного газа из сланца снижает в некоторых случаях его себестоимость, поскольку он добывается в максимальной близости от мест его потребления (что минимизирует расходы на транспортировку), однако подобные разработки быстро истощаются из-за небольших запасов. А это требует активного постоянного ведения геологоразведочных работ и значительных затрат на монтаж газодобывающих установок. Данные виды энергетики хотя и можно считать сравнительно молодыми и перспективными, следует относить к традиционным.

Согласно отчету ООН, в 2008 г. в мире было инвестировано 140 млрд долл. в проекты, связанные с альтернативной энергетикой, в то время как в производство угля и нефти — лишь 110 млрд долл. Страны Европы инвестировали в альтернативную энергетику 50 млрд долл., страны Америки — 30 млрд долл., Китай — 15,6 млрд долл., Индия — 4,1 млрд долл. [25]. Инвестиции в ветроэнергетику в 2008 г. составили 51,8 млрд долл., в солнечную энергетику — 33,5 млрд долл., в биотопливо — 16,9 млрд долл.

Значительный потенциал альтернативной энергетики позволяет рассчитывать на то, что в недалеком будущем самые смелые прогнозы экспертов оправдаются и доля этих видов энергии в мировом энергобалансе резко вырастет. А уже через 30–40 лет доля экологически чистой энергии превысит 50 %. Хочется верить, что и наша страна, несмотря на дешевизну традиционных видов энергии, внесет значимый вклад в развитие мировой альтернативной энергетики.

Список литературы

1. **Российский** статистический ежегодник, 2009.
2. **Данные** Банка России. Режим доступа: www.cbr.ru.
3. **Об итогах** социально-экономического развития Российской Федерации в январе-сентябре 2010 г.
4. **Итальянская** Edison через суд хочет снизить цену на российский газ // Ведомости. 2010. 3 нояб.

5. **Об итогах** социально-экономического развития Российской Федерации в январе-сентябре 2010 г. Доклад Министерства экономического развития Российской Федерации.
6. **European Renewables Target Can Create 2.8M Jobs.** RenewableEnergyWorld.com. June 3, 2009.
7. **Another Record for U.S. Renewable Electricity.** RenewableEnergyWorld.com. August 19, 2009.
8. **Spain** requires new buildings use solar power. Reuters, November 13, 2006.
9. **Проблемы** альтернативной энергетики на портале выставки «Инновации и технологии».
10. **К 2050 г.** солнечная энергия обеспечит четверть мирового спроса на электричество // РИА Новости. 2010. 13 мая.
11. **Global Wind Installations Boom, Up 31% in 2009.** RenewableEnergyWorld.com. February 4, 2010.
12. **Global Wind Energy Outlook 2010 (GWEO 2010).**
13. **В Норвегии** приступают к испытаниям первой плавучей ветротурбины // Компьюлента. 2009. 9 сент.
14. **«РусГидро»** определяет перспективные площадки в РФ для строительства ветроэлектростанций // РИА Новости. 2008. 13 нояб.
15. **В Подмоскowie** не пойдет // Взгляд. 2010. 12 июля.
16. **Geothermal Development Expands Globally.** Emerging Energy Research. May 11, 2009.
17. **Geothermal Projects Being Developed in 70 Countries.** www.renewableenergyworld.com. May 25, 2010.
18. **Горячая Камчатка** // Независимая газета. 2008. 8 июля.
19. **Космические** электростанции дразнят землян огромной энергией. Режим доступа: www.membrana.ru.
20. **Японские** компании запустят солнечную электростанцию в космос. Режим доступа: www.membrana.ru.
21. **Fifteen New Hydrogen Refuelling Stations in 2008, Worldwide.** fuelcellworks.com. May 7, 2009.
22. **РЖД** готовы использовать биодизель. RCCnews.ru. 23 января 2008 г.
23. **Norway** or the Highway: Poo Powers Oslo Buses. www.wired.com. January 30, 2009.
24. **Как биотопливо** может заставить бедняков голодать // Россия в глобальной политике. 2007. № 6.
25. **Green energy overtakes fossil fuel investment, says UN.** Guardian.co.uk. 3 June 2009.