

УДК 620.9

Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике

О. С. Попель

ОЛЕГ СЕРГЕЕВИЧ ПОПЕЛЬ — доктор технических наук, заведующий лабораторией Объединенного института высоких температур РАН. Область научных интересов: технологии преобразования энергии, производимой возобновляемыми источниками, энергосбережение, теплофизика

125412 Москва, Ижорская ул., 13, строение 2, ОИВТ РАН.

Что такое ВИЭ?

Термин возобновляемые источники энергии (ВИЭ) применяется по отношению к тем источникам энергии, запасы которых восполняются естественным образом, прежде всего, за счет поступающего на поверхность Земли потока энергии солнечного излучения, и в обозримой перспективе являются практически неисчерпаемыми. Это, в первую очередь, сама солнечная энергия, а также ее производные: энергия ветра, энергия растительной биомассы, энергия водных потоков и т.п. К возобновляемым источникам энергии (рис. 1) относят также геотермальное тепло, поступающее на поверхность Земли из ее недр, низкопотенциальное тепло окружающей среды, которое можно использовать, например, с помощью тепловых насосов, а также некоторые источники энергии, связанные с жизнедеятельностью человека (тепловые «отходы» жилища, органические отходы промышленных и сельскохозяйственных производств, бытовые отходы и т.п.).

Энергетический потенциал большинства из перечисленных выше ВИЭ в масштабах планеты и отдельных

стран во много раз превышает современный уровень энергопотребления, и поэтому они могут рассматриваться как возможный источник производства энергии. Известные сценарии развития человечества предполагают необходимость широкого освоения ВИЭ уже в ближайшие десятилетия, как по причине неизбежного сокращения добычи и повышения стоимости нефти, газа и угля, так и по экологическим причинам (эмиссия CO₂ и другие вредные воздействия традиционной энергетики на окружающую среду). Использование ВИЭ, как правило, не оказывает серьезного негативного воздействия на окружающую среду, в большинстве своем они являются экологически чистыми и повсеместно доступными источниками энергии.

К серьезным недостаткам ВИЭ, ограничивающим их широкое применение, относятся невысокая плотность энергетических потоков и их непостоянство во времени и, как следствие этого, необходимость значительных затрат на оборудование, обеспечивающее сбор, аккумуляцию и преобразование энергии. Так, например, плотность потока солнечного излучения на поверхности земли в полдень ясного дня составляет всего около

1 кВт/м², а ее среднегодовое значение с учетом сезонных и погодных колебаний для самых солнечных районов земного шара не превышает 250 Вт/м² (для средней полосы России — 120 Вт/м²). Средняя удельная плотность энергии ветрового потока также, как правило, не превышает нескольких сотен Вт/м² (при скорости ветра 10 м/с удельная плотность потока энергии

$$\bar{E} = \frac{1}{2} \rho V^3, \rho \text{ — плотность воздуха,}$$

V — скорость ветра) приблизительно равна 500 Вт/м²). Плотность энергии водного потока, имеющего скорость 1 м/с, также составляет всего около 500 Вт/м². Для сравнения укажем, что плотность теплового потока на стенки топki современного парового котла достигает нескольких сотен кВт/м².

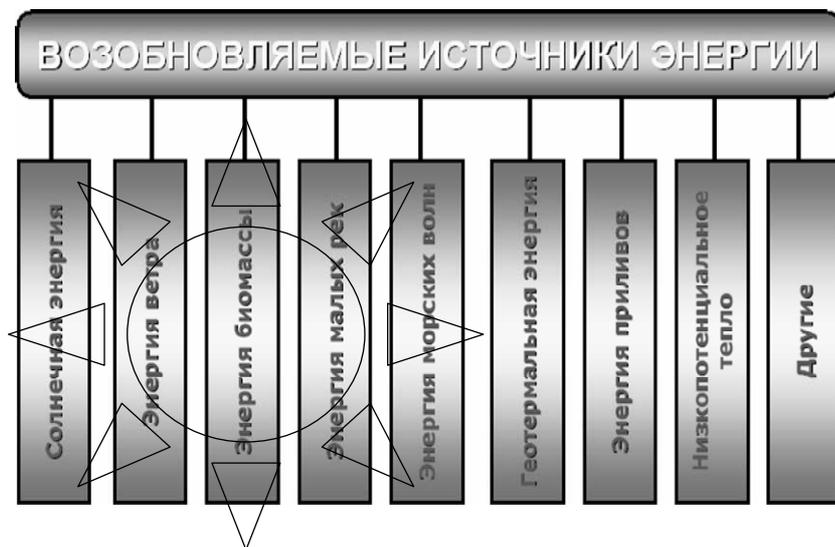


Рис. 1. Основные виды возобновляемых источников энергии

Вместе с тем технологии использования различных ВИЭ активно развиваются во многих странах мира, многие из них достигли коммерческой зрелости и успешно конкурируют на рынке энергетических услуг, в том числе при производстве электрической и тепловой энергии.

Развитие ВИЭ в мире

По данным Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) [1] в 2007 г. мощность действующих в мире электрогенерирующих энергоустановок на ВИЭ (без традиционных крупных гидроэлектростанций) достигла 240 ГВт, что составляет 5% от суммарной мощности всех электрогенерирующих установок, и ими вырабатывается около 3,4% всей потребляемой электрической энергии. Мощность энергоустановок на ВИЭ

уже превышает четверть суммарной мощности атомных электростанций. По сравнению с 2004 годом вклад ВИЭ в мировой энергетический баланс вырос на 50%.

Наибольший вклад дают сетевые ветровые энергоустановки, установленная мощность которых в начале 2007 г. превысила 100 ГВт(э). Ввод ветроэнергетических мощностей в последние годы возрастал ежегодно на 30—40%. Еще более высокими темпами (более 50% в год) растет рынок фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. Суммарная мощность действующих в мире фотоэлектрических энергоустановок в 2007 г. оценивается в 7,7 ГВт(э).

Суммарная тепловая мощность солнечных коллекторов, используемых, прежде всего, для горячего водоснабжения и отопления домов, в 2007 г. превысила 120 ГВт (более 160 млн м² солнечных коллекторов).

Таблица 1

Краткосрочные и долгосрочные цели некоторых стран по использованию ВИЭ

Страна	Целевые индикаторы по использованию ВИЭ
ЕС	К 2010 г. увеличение удельного вклада ВИЭ в суммарное потребление электроэнергии европейских стран до 11,5% или до 182 Мтое, к 2020 г. — до 20%, а к 2030 г. — до 40%
Австралия	К 2010 г. ежегодно производить 9,5 ТВт-ч электроэнергии
Бразилия	К 2006 г. увеличить электрогенерирующие мощности на 3,3 ГВт за счет использования энергии ветра, биомассы и малых ГЭС
Канада	К 2010 г. достичь вклада ВИЭ в производство электроэнергии в различных провинциях от 3,5 до 15%
Китай	К 2010 г. довести вклад электрогенерирующих мощностей до 10% (60 ГВт), обеспечить вклад в суммарное потребление электроэнергии к 2010 г. – 5%, к 2020 г. – 10%
Доминиканская республика	К 2015 г. довести мощность ветроустановок до 500 МВт
Египет	К 2010 г. довести вклад в производство электроэнергии до 3%, к 2020 г. – до 14%
Индия	В период 2003—2012 гг. обеспечить 10% электрогенерирующих мощностей на ВИЭ (10 ГВт)
Израиль	К 2007 г. производить 2% электроэнергии, а к 2016 г. – 5%
Япония	К 2010 г. 1,35% электроэнергии за счет ВИЭ, не считая геотермальные электростанции и крупные ГЭС
Корея	К 2010 г. 7% электроэнергии производить за счет ВИЭ, включая ГЭС, и к 2011 г. создать 1,3 ГВт подсоединенных к сети фотоэлектрических станций, в т.ч. 0,3 ГВт на 100 000 домах
Малайзия	К 2005 г. производить 5% электроэнергии
Мали	К 2020 г. производить 15% энергии
Новая Зеландия	К 2012 г. обеспечить производство 30 ПДж энергии, включая тепло и моторное топливо
Норвегия	К 2010 г. обеспечить производство 7ТВт-ч энергии (преимущественно с помощью ветроустановок)
Филиппины	К 2013 г. довести мощность установок до 4,7 ГВт
Сингапур	К 2012 г. установить 50 000 м ² солнечных коллекторов, обеспечив производство около 35 МВт-ч тепловой энергии
Южная Африка	К 2013 г. обеспечить ежегодное производство 10 ТВт-ч энергии
Швейцария	К 2010 г. обеспечить производство 3,5 ТВт-ч электрической и тепловой энергии
Таиланд	К 2011 г. обеспечить 8% суммарного энергопотребления (без учета традиционного использования биомассы)
США	20 штатов приняли целевые индикаторы по производству электроэнергии в различные годы от 5 до 30%

Такие установки используются более чем в 50 млн домов в мире, ежегодные темпы роста 19%.

Биомасса и геотермальная энергия обычно применяются как для производства электроэнергии, так и тепла. Так называемые геотермальные тепловые насосы, использующие подземные теплообменники, широко применяются более чем в 30 странах для теплоснабжения и кондиционирования воздуха в 2 млн зданий.

Производство биотоплив (этанол и биодизель) в 2007 г. превысило 53 млрд. л/год и возросло на 43% по отношению к 2005 г. Производство биоэтанола достигло 4% от всего ежегодно потребляемого бензина в мире. Производство биодизеля за последний год возросло более чем на 50%.

Установками на ВИЭ сегодня пользуются десятки миллионов людей. В сельских районах развивающихся стран 25 млн человек используют биогазовые и солнечные установки для приготовления пищи и освещения домов. Интересно отметить, что на развивающиеся страны приходится лишь около 40% суммарной мощности всех энергоустановок на ВИЭ, 60% установок используется в развитых странах, что свидетельствует об их достаточно высокой конкурентоспособности по отношению к другим современным энергетическим технологиям.

Суммарные государственные и частные инвестиции в развитие ВИЭ в 2007 г. превысили 100 млрд. долларов. В сфере ВИЭ в мире действуют сотни малых, средних и крупных компаний. Капитализация наиболее крупных 140 специализированных компаний в 2007 г. превысила 100 млрд. долларов. В различных сферах экономики в области ВИЭ создано более 2,5 млн рабочих мест.

В таблице 1 приведены утвержденные правительства ряда стран краткосрочные и долгосрочные цели по использованию ВИЭ. Представленные данные о состоянии использования и перспектив развития ВИЭ в мире убедительно показывают, что уже сегодня ВИЭ стали

заметным «игроком» на энергетических рынках ряда стран и их роль неуклонно возрастает. Многие страны и регионы (например, ЕС) приняли амбициозные программы развития ВИЭ, реализация которых позволит уже к 2010 г. довести их вклад в производство электроэнергии до 10—12%, а к середине века до 30—40%.

Стоимость энергии, получаемой от ВИЭ, в течение последних лет стремительно снижается (рис. 2), и в условиях противоположной тенденции роста цен на традиционные энергоресурсы многие технологии использования ВИЭ становятся все более конкурентоспособными. В первую очередь, это относится к быстро прогрессирующим технологиям использования биомассы для производства тепла и электроэнергии, солнечным водонагревателям, фотопреобразователям, мини- и микро-ГЭС, ветроустановкам, теплонасосным системам теплоснабжения. Наивысшую конкурентоспособность они проявляют в децентрализованных системах тепло- и электроснабжения. Вместе с тем, во многих случаях ВИЭ пока еще уступают технологиям, основанным на использовании традиционных видов топлив, прежде всего, из-за сравнительно высоких начальных капитальных затрат.

Многие страны реализуют специальные национальные и коллективные программы, направленные на стимулирование ускоренного освоения ВИЭ. При этом в качестве важного аргумента активной государственной поддержки ВИЭ рассматривается экологический фактор, в том числе обязательства стран по сокращению эмиссии CO₂ в атмосферу в соответствии с Киотским Соглашением. Серьезным мотивационным фактором развития ВИЭ для многих стран, особенно зависящих от импорта традиционных энергоресурсов, является забота об энергетической безопасности.

Развитие ВИЭ наряду с правительствами инвестируют крупнейшие мировые энергетические компании, банки, международные организации и фонды. Для сти-

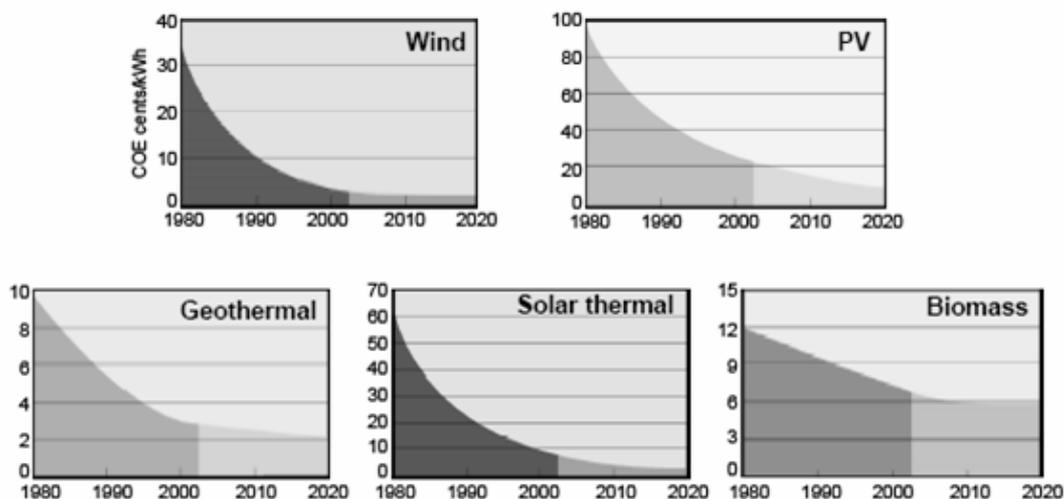


Рис. 2. Тенденции изменения стоимости энергии от различных ВИЭ (в центах 2000 г./кВтч)

мулирования и поддержки внедрения ВИЭ во многих странах используются различные формы государственной поддержки [2]:

— льготные тарифы для продажи электроэнергии, выработанной от ВИЭ, в сеть;

— использование для энергии, получаемой от ВИЭ, понятия «зеленая энергия», предполагающего более высокую цену ее для сознательного потребителя;

— налоговые льготы;

— льготные кредиты;

— законодательно устанавливается доля ВИЭ в энергобалансе к определенному сроку и т.п.

ВИЭ в России

Россия существенно отстает от основных развитых и многих развивающихся стран как по объему, так и по темпам освоения возобновляемых источников энергии. Суммарный вклад ВИЭ в энергетический баланс России по экспертным оценкам не превышает 1%. В стране не установлены краткосрочные и долгосрочные целевые индикаторы по освоению ВИЭ, в отличие от других стран фактически отсутствует законодательная база, определяющая приоритеты и условия развития ВИЭ.

Малое внимание развитию ВИЭ в России обусловлено рядом объективных и субъективных факторов:

— сложившимся в руководстве страны на основе предыдущего опыта устойчивым представлением о том, что Россия располагает практически неисчерпаемыми запасами ископаемого топлива, отсутствием надежных прогнозов социально-экономического и энергетического развития страны на длительную перспективу;

— все еще существенно более низкими, чем в других странах, ценами и тарифами на электрическую и тепловую энергию в районах централизованного энергоснабжения, что снижает экономическую конкурентоспособность ВИЭ;

— слабой информированностью представителей федеральных и региональных органов государственного управления, бизнес-сообщества и населения о возможностях и преимуществах использования ВИЭ;

— недостаточным пока финансированием научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ и, что особенно важно для продвижения новых технологий на рынок, опытно-демонстрационных объектов в различных регионах страны.

Необходимость ускоренного развития ВИЭ в стране обусловлена объективными факторами.

1. Две трети территории страны, где проживает около 20 млн. человек, находится вне систем централизованного энергоснабжения. Энергоснабжение потребителей здесь осуществляется преимущественно с помощью автономных энергоустановок, требующих завоза дорогого топлива и эксплуатация которых сопряжена с большими издержками, не говоря об их отрицательном воздействии на окружающую среду (выбросы, топливные контейнеры и т.п.).

2. Более 50% регионов страны реально энергодефицитны — они вынуждены поставлять энергоресурсы из

других регионов. Высокие темпы развития экономики, имевшие место в последние годы, в условиях низких темпов ввода новых энергетических мощностей, износа существующего энергетического оборудования и связанной с этим нарастающей нехватки электроэнергии в масштабах всей страны [3], ставят перед руководством многих регионов сложные задачи ввода новых энергетических мощностей при практическом отсутствии возможности получить так называемые «лимиты» на природный газ в требуемых объемах. Строительство гидро- и угольных электростанций ограничивается жесткими экологическими требованиями. В результате все более актуальной становится ориентация на местные энергетические ресурсы и в том числе на повсеместно доступные ВИЭ.

3. Рост цен на все виды топлива и электроэнергию, а также наличие во многих регионах страны ограничений на подключение к электрическим и газовым сетям вызвали в последние годы стихийное развитие в стране малой электрогенерации. Если за период 2001—2007 гг. ввод крупных электростанций в стране составил всего 9,7 ГВт, то ввод малых — 13,4 ГВт. Так рынок реагирует на изменение ценовых факторов и появление инфраструктурных ограничений. В условиях отсутствия на отечественном рынке конкурентоспособных технологий, использующих ВИЭ, потребители применяют малые электрогенерирующие установки на основе дорогостоящих жидких топлив. При этом ускоренными темпами растет импорт таких установок. Доля (по мощности) реализованных на рынке малых установок отечественного производства сократилась с 80% в 2001 г. до 28% в 2007 г. Финансовые потери отечественных товаропроизводителей исчисляются сотнями миллионов долларов.

4. В России газифицировано всего лишь около 52% населенных пунктов (село — 31%, город — 59%). Нарастают объемы поставок природного газа за границу, что в условиях истощения эксплуатируемых месторождений и медленного освоения новых негативно сказывается на темпах газификации населенных пунктов в нашей стране и обостряет проблемы эффективного теплоснабжения.

5. Неуклонно и быстро растут тарифы и цены на энергоресурсы. Особенно остры эти проблемы для отдаленных потребителей, жизнеобеспечение которых осуществляется за счет привозного топлива. Так в Якутии в ряде населенных пунктов, энергоснабжение которых обеспечивается дизельными энергоустановками малой мощности (до 100 кВт), стоимость генерируемой электроэнергии в 2007 г. превышала 25 руб./кВтч.

6. Во многих регионах нарастают экологические проблемы, в решение которых могли бы внести существенный вклад возобновляемые источники энергии.

7. Следует также иметь в виду, что освоение и внедрение в широких масштабах новых энергетических технологий в связи с высокой инерционностью энергетического хозяйства требует значительного времени, как правило, десятилетия. Нужна заблаговременная подготовка к изменению структуры энергетического хозяйства.

При сложившейся в стране энергетической и экономической конъюнктуре возобновляемые источники энергии в ближайшей перспективе вряд ли смогут составить серьезную конкуренцию традиционной энергетике в районах России с развитыми системами централизованного энергоснабжения. Вместе с тем очевидно, что уже сегодня возобновляемые источники энергии могли бы внести в России существенный вклад в решение обостряющихся проблем жизнеобеспечения в отдаленных районах, не имеющих централизованных систем энергоснабжения. В частности, на основе более широкого использования ВИЭ могли бы эффективно решаться многие актуальные задачи:

— электро- и теплоснабжение автономных потребителей, расположенных вне систем централизованного энергоснабжения;

— сокращение завоза жидкого топлива в труднодоступные районы и на Крайний Север при одновременном повышении надежности энергоснабжения потребителей;

— повышение надежности энергоснабжения населения и производства, особенно сельскохозяйственного, в зонах централизованного энергоснабжения, главным образом в дефицитных и тупиковых энергосистемах;

— сокращение вредных выбросов от традиционных энергетических установок в отдельных городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в туристско-рекреационных зонах и местах массового отдыха населения.

Примеры эффективного применения возобновляемых источников энергии для решения локальных и даже региональных энергетических проблем в различных районах России есть. Создание Верхне-Мутновской и Мутновской геотермальных электростанций на Камчатке существенно повысило надежность энергоснабжения региона и обеспечило сокращение завоза дорогого топлива для дизельных электростанций. На северо-западе страны бурными темпами развивается промышленность энергетической переработки древесных отходов с получением древесных брикетов и пеллеток, объем производства которых в России уже превысил 400 тыс. т в год (преимущественно для экспорта в европейские страны). Положительный опыт использования энергии ветра имеется на Чукотке и в Калининградской области, мини- и микро-ГЭС — в Башкирии, Дагестане и Тыве, солнечной энергии — для горячего водоснабжения объектов санаторно-курортного комплекса Краснодарского края, жилых домов и промышленных предприятий в Бурятии, высокогорных объектов Специальной астрофизической обсерватории РАН в Карачаево-Черкесии и др.

Существенно возрастает бюджетное финансирование проектов, направленных на эффективное использование ВИЭ в различных секторах экономики, в том числе в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007—2012 годы», реализуемой Федеральным агентст-

вом по науке и инновациям. Амбициозная программа создания в России сетевых ветроэлектрических станций и малых ГЭС разрабатывается ОАО «РусГидро». Открываются хорошие перспективы для эффективного использования ВИЭ в рамках особых туристско-рекреационных зон, решение о создании которых в различных регионах страны уже принято. Планируется применение современных энергосберегающих и экологически чистых энергетических технологий при строительстве олимпийских объектов в Сочи. Привлекательность этих объектов для широкого эффективного использования ВИЭ обусловлена не только экономическими причинами, но и жесткими экологическими требованиями. Выполненные предварительные проработки показывают высокую эффективность комбинированного использования солнечной энергии, энергии ветра, геотермальной энергии, энергии биомассы, микро-ГЭС на территории прибайкальских рекреационных зон, зон на Северном Кавказе (район Сочи, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия), в Приморском крае. Обнадеживает повышающийся интерес российских и зарубежных энергетических компаний к созданию на территории России ряда крупных геотермальных энергоустановок, ветровых ферм, мини-ГЭС. Растет спрос на автономные энергоустановки, в том числе для энергоснабжения телекоммуникационных систем, станций мониторинга на газо- и нефтепроводах, железных дорогах, горных баз и поселений, где малые солнечные, ветровые или комбинированные солнечно-ветровые установки уже сегодня могут составить конкуренцию традиционным дизель- и бензо-генераторам или эффективно дополнять друг друга.

Солнечная энергия

Солнечная энергия занимает лидирующее положение среди ВИЭ и повсеместно доступна. Солнечное излучение, вследствие того, что оно исходит от источника с яркостной температурой около 6000°С, с термодинамической точки зрения является высококачественным первичным источником энергии, допускающим принципиальную возможность ее преобразования в другие виды энергии (электроэнергия, тепло, холод и др.) с высоким КПД. Однако существенными ее недостатками с технической точки зрения являются нестабильность (суточная, сезонная, погодная) и относительно малая плотность энергетического потока: за пределами атмосферы около 1,4 кВт/м², на земной поверхности в ясный полдень около 1 кВт/м², а в среднем за год (с учетом ночей и облачности) от 150 до 250 Вт/м², что тем не менее соответствует ежегодному поступлению на 1 м² земной поверхности энергии, эквивалентной 150—250 кг у.т. (1 кг условного топлива = 7 Мкал).

Эти свойства солнечного излучения затрудняют создание эффективных энергетических устройств, поскольку требуется большая площадь для приемников солнечного излучения и создание аккумуляторов энергии. В результате, несмотря на «бесплатность» самого

солнечного излучения, стоимость солнечных установок оказывается высокой, что снижает их конкурентоспособность по отношению к традиционным энергоустановкам, использующим дешевое органическое топливо.

Солнечная энергия все более широко используется для нагрева различных теплоносителей (горячее водоснабжение, отопление, сушка, термохимические холодильные установки и т.п.), для производства электроэнергии (фотоэлектрические преобразователи и солнечные энергоустановки с термодинамическим преобразованием энергии), в солнечной архитектуре и в других сферах. Бытующее мнение о том, что Россия, расположенная преимущественно в средних и высоких широтах, не располагает значительными ресурсами солнечной энергии для ее эффективного энергетического использования, не соответствует действительности. На рис. 3 представлена карта распределения ресурсов солнечной энергии по территории России, разработанная специалистами ОИВТ РАН с использованием данных российских актинометрических станций и данных международной климатической базы данных NASA, полученных на основе многолетних спутниковых наблюдений. На карте приведены годовые средние суммы солнечной радиации на неподвижные наклонные поверхности южной ориентации с оптимальным углом наклона к горизонту, обеспечивающим максимальный «сбор» солнечного излучения. Видно, что территория России разбивается преимущественно на 4 окрашенных разными цветами зоны, причем наиболее «солнечными» районами России оказываются Приморье, юг Иркутской области, Бурятия, Тыва ($4,5\text{--}5\text{ кВтч/м}^2\text{день}$ и выше).

Интересно отметить, что высокие суммы солнечной радиации характерны и для некоторых северных рай-

онов, лежащих за полярным кругом (Северная Земля). Традиционно считающийся наиболее «солнечным» Северный Кавказ и большая территория Центральной и Восточной Сибири характеризуются одинаковыми суммами приходящей солнечной радиации от 4 до $4,5\text{ кВтч/м}^2\text{день}$. Важно подчеркнуть то обстоятельство, что большая часть территории страны от южных до северных границ, независимо от широты, имеет одинаковые солнечные ресурсы: от $3,5$ до $4\text{ кВтч/м}^2\text{день}$. Лишь западные и восточные «окраины» России характеризуются относительно низкими среднегодовыми поступлениями солнечной радиации от 3 до $3,5\text{ кВтч/м}^2\text{день}$. Для сравнения отметим, что самый «солнечный» район Европы — юг Испании — характеризуется среднегодовым дневным поступлением солнечной радиации около $5\text{ кВтч/м}^2\text{день}$, а юг Германии, где сегодня идет активное внедрение солнечных установок — $3,5\text{--}4\text{ кВтч/м}^2\text{день}$.

Таким образом, наиболее солнечные регионы России по суммам поступающей солнечной радиации практически не уступают считающимся благоприятными для эффективного использования солнечной энергии европейским странам. Безусловно, Россия характеризуется гораздо более холодным климатом, что накладывает некоторые ограничения и дополнительные требования к солнечным установкам. Однако представленные выше данные убедительно опровергают широко бытующее представление о том, что территория России бедна солнечными ресурсами.

Высокое «термодинамическое качество» потока солнечного излучения обеспечивает принципиальную возможность использования солнечной энергии для нагрева различных теплоносителей до температур



Рис. 3. Распределение годовых средних поступлений солнечной энергии по территории России, $\text{кВтч/м}^2\text{день}$ (оптимально ориентированная неподвижная поверхность южной ориентации)

вплоть до 2—3 тыс. градусов, осуществлять прямое (фотоэлектрическое) получение электроэнергии, реализовывать различные фотохимические процессы, направленные на разложение вредных и синтез новых веществ и материалов, в том числе в энергоемких процессах (детоксикация стоков, получение водорода и др.). Увеличение плотности потока солнечного излучения может быть обеспечено с помощью концентраторов солнечного излучения вплоть до нескольких сотен кВт/м², что сопоставимо с плотностями энергетических потоков в современных традиционных энергетических устройствах. Следует, однако, отметить, что концентрации поддается только прямое солнечное излучение. Диффузное излучение, связанное с рассеиванием солнечного излучения при прохождении через земную атмосферу и составляющее в зависимости от состояния атмосферы и облачности в суммарном потоке от 20 до 60%, при этом практически не используется, что приводит к значительным энергетическим потерям и снижению интегральной эффективности преобразования солнечной энергии.

Среди широкого многообразия технологий и устройств, разрабатываемых для энергетического использования солнечной энергии, сегодня наиболее отработаны и находят все более широкое конкурентоспособное практическое применение технологии солнечного теплоснабжения, производства электроэнергии и холодо-снабжения.

Суммарная площадь действующих в России солнечных тепловых установок оценивается всего в 100 тыс. м², что явно не соответствует реальным возможностям и потребностям потребителей в различных регионах страны. Наиболее активно солнечные тепловые установки внедряются в Краснодарском крае (в основном в санаторно-курортном комплексе) и в Бурятии, где имеются специализированные организации, целенаправленно занимающиеся этой проблемой. В других регионах отсутствует какая-либо инфраструктура для системного продвижения солнечных установок на рынок, региональные органы и потенциальные потребители слабо информированы о возможностях и преимуществах технологии. Как показывают исследования, использование солнечных установок, по крайней мере, сезонного типа, для нагрева воды в неотапительный период года является весьма перспективным и экономически целесообразным, прежде всего для замещения многочисленных электроводонагревателей. При существующих в стране тарифах на электроэнергию такие установки окупаются в срок менее 7 лет, а в наиболее благоприятных регионах в течение 2—3 лет. Одним из путей повышения конкурентоспособности солнечных тепловых установок является переход на использование в конструкции солнечных коллекторов современных теплостойких и стойких к ультрафиолетовому излучению полимерных материалов [4].

Применение несложных, но весьма эффективных архитектурно-планировочных решений, современных

строительных материалов и конструкций при проектировании новых зданий и реконструкции старых с учетом местных климатических факторов позволяет обеспечить существенное снижение затрат энергии на отопление, освещение помещений и поддержание более стабильного и комфортного микроклимата внутри здания. Это направление использования солнечной энергии широко развивается во многих странах и получило название «пассивная солнечная архитектура». В России становление этого направления энергоресурсосбережения находится лишь на начальном этапе.

Все более широкое применение в разных странах находят фотоэлектрические преобразователи (ФЭП). Более 90% рынка — это ФЭП на основе поли- и монокристаллического кремния, модули которых имеют КПД 15—17%. В условиях средних широт такие фотоэлектрические установки, подключенные к сети, могут производить от 900 до 1500 кВтч/кВт_{пик} в год, что эквивалентно 120—200 кВтч/м²год.

Во многих исследовательских центрах ведутся работы, направленные на повышение КПД ФЭП за счет создания слоевых (каскадных) структур, обеспечивающих более полное преобразование энергии солнечного излучения во всем его спектре, а также на снижение стоимости полупроводниковых материалов и ФЭП в целом за счет применения тонкопленочных структур и использования концентраторов солнечного излучения. Ожидается, что в обозримом будущем КПД промышленных ФЭП может быть увеличен до 30—35% (в лабораторных условиях достигнуты рекордные КПД на уровне 40%), а их стоимость в модулях уже в ближайшие годы может стать менее 1 долл./кВт_{пик}.

Хотя интенсивные исследования и разработки в области фотоэлектричества во всех ведущих странах мира привели к серьезным успехам как в части повышения КПД фотопреобразователей, так и в части снижения стоимости их производства, стоимость электроэнергии, получаемой от ФЭП, все еще намного превосходит стоимость электроэнергии, вырабатываемой обычными электростанциями. Например, даже в солнечной Калифорнии, где годовое число часов использования ФЭП превышает 3000, стоимость производимой электроэнергии не ниже 20 центов за кВтч. Таким образом, электроэнергию, получаемую от ФЭП, не следует в ближайшее десятилетие рассматривать как альтернативу традиционной электроэнергии, а как возможность снабдить электроэнергией потребителя, удаленного от существующих электросетей или желающего иметь резервный источник на случай отказа электроснабжения. Чаще всего при этом речь идет об установках сравнительно небольшой мощности, имеющих в своем составе аккумуляторную батарею для электроснабжения в темное время суток.

Фотоэлектрические преобразователи находят все более широкое применение.

1. Автономное питание неподключенных к электрическим сетям потребителей.

Коммуникационные системы (ретрансляторы, мобильные радиосистемы, телефонные сети, автономные системы контроля и управления). Мощность фотоэлектрических установок, применяемых в этой области, составляет от нескольких ватт до нескольких киловатт.

Подзарядка аккумуляторов. Известно, если аккумуляторные батареи длительное время не находятся в работе, их емкость снижается. Применение ФЭП позволяет решить проблему саморазряда аккумуляторов наиболее дешевым, надежным и простым способом.

Катодная защита. ФЭПы нашли широкое применение как автономный источник питания систем защиты от коррозии телекоммуникационных вышек, трубопроводов, подземных металлических резервуаров и подземных конструкций зданий, подверженных агрессивному воздействию окружающей среды. Как правило, их мощность для этих целей не превышает 10 кВт.

Сигнальные устройства. Электропитание с помощью ФЭП сигнальных навигационных огней на реках, в море, огней безопасности, устанавливаемых на линиях электропередач, высотных сооружениях, световых и звуковых сигнальных устройств на железнодорожных путях и автомобильных дорогах и т.п.

Освещение. Десятки тысяч ФЭП в сочетании с аккумуляторными батареями используются в разных странах для освещения рекламных щитов, дорожных и парковочных знаков и указателей и т.п., в том числе внутри больших городов.

Электрохолодильники. Большое распространение, особенно в странах с жарким климатом, получили электрохолодильники, запитываемые от ФЭП, позволяющие хранить ценные скоропортящиеся продукты, в первую очередь, медикаменты, вакцины и т.п.

Удаленный мониторинг. Это направление использования ФЭП является также одним из наиболее распространенных. Сегодня в разных странах действует более 100 000 фотоэлектрических установок, обеспечивающих питание автономных метеостанций, станций автономного контроля температуры и уровня воды, расхода жидкостей в трубопроводах, контроля уровня загрязнения воздуха вблизи промышленных предприятий и т.п.

Водонасосные установки. Фотоэлектрические установки находят применение для подъема питьевой воды из скважин и колодцев, для ирригационных целей в сельском хозяйстве. Установки работают при наличии солнечного излучения, накапливая воду в резервуаре. Такие установки отличаются простотой конструкции и относительно недороги, поскольку не требуют использования аккумуляторных батарей в своем составе.

2. Энергоснабжение жилых домов.

Одна из задач, связанных с применением ФЭП в жилых и административных зданиях, состоит в том, чтобы модули ФЭП могли заменять традиционные строительные элементы или облицовочные материалы. При этом они должны удовлетворять архитектурным решениям и быть привлекательными с эстетической точки зрения.

3. Создание солнечных электростанций.

В ряде стран действует несколько десятков демонстрационных фотоэлектрических станций мощностью в несколько сот кВт каждая, являющихся прообразами будущих крупных солнечных электростанций. Они пока еще далеки от самоокупаемости, но важны для накопления опыта эксплуатации и демонстрации перспективных экологически чистых энергетических технологий.

В России суммарные производственные мощности по выпуску ФЭП по данным производителей составляют несколько МВт в год. Производимые несколькими российскими предприятиями ФЭП отвечают современным международным стандартам и в основном поставляются в зарубежные страны.

Наряду с переходом к тонкопленочным элементам существует возможность снизить стоимость установленного киловатта путем использования ФЭП с концентрацией солнечной радиации. Этот подход исходит из того, что стоимость единицы площади концентратора солнечной радиации ниже стоимости единицы площади ФЭП. Облучая ФЭП солнечной радиацией, концентрированной в n раз, можно для получения той же мощности примерно во столько же раз уменьшить размер (площадь) ФЭП. Кроме того, при использовании концентрированной радиации несколько повышается кпд ФЭП. В исследованиях рассматриваются степени концентрации от десяти до нескольких сот. Для сравнительно небольших концентраций могут быть применены достаточно дешевые линзы Френеля. При больших концентрациях возникает дополнительная проблема, связанная с нагревом ФЭП, при котором его кпд падает. Это затруднение пытаются обойти, либо применяя охлаждение ФЭП, либо используя селективные концентраторы, направляющие на ФЭП концентрированный поток радиации только в том диапазоне длин волн, который эффективно преобразуется в электроэнергию. При этом остальная часть спектра, прежде всего длинноволновая, которая собственно и греет ФЭП, не концентрируется.

Россия в последние годы стала существенно отставать от ведущих стран как в части фундаментальных исследований, направленных на поиск новых технологий создания фотоэлектрических преобразователей с рекордными показателями эффективности, так и в прикладных исследованиях и разработках. Следует отметить лишь некоторые успехи в весьма перспективном направлении создания ФЭП с концентраторами солнечного излучения на основе линз Френеля (ФТИ им. Иоффе РАН), позволяющем существенно снизить затраты полупроводниковых материалов, повысить кпд преобразования энергии до 30—35% и сократить стоимость ФЭП до 1долл./кВт_{пик}.

Энергия ветра

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) обеспечивают преобразование энергии ветрового потока в механическую энергию вращающегося ветроколеса, а затем в электрическую энергию. Известны две основные конструкции ветроагрегатов: горизонтально-осевые и вертикально-осевые ветродвигатели. Оба типа ВЭУ имеют

примерно равный КПД, однако наибольшее распространение получили ветроагрегаты первого типа. Мощность ВЭУ может быть от сотен ватт до нескольких мегаватт.

Мощность ВЭУ пропорциональна площади, ометаемой ветроколесом или ротором, и кубу скорости ветра. Столь сильная зависимость мощности ВЭУ от скорости ветра является критической и существенно ограничивает районы эффективного практического использования ВЭУ. Так, если в одном районе средняя скорость ветра равна 4 м/с, а в другом — 8 м/с, то различие в генерируемой мощности для одной и той же ветроустановки составит 8 раз. Это обстоятельство требует тщательного подхода к выбору места строительства ветровой электростанции с учетом фактических характеристик местного ветрового режима.

Как отмечалось выше, при скорости ветра 10 м/с плотность располагаемой ветровой энергии в расчете на 1 м² перпендикулярной вектору скорости ветра поверхности составляет всего около 500 Вт/м². Таким образом, для обеспечения значительной единичной мощности ветроагрегата необходимо существенное наращивание диаметра и высоты ротора. Если в 2002 г. максимальная единичная мощность сетевой коммерческой ВЭУ составляла 2,5 МВт (диаметр ветроколеса 80 м, высота башни 70—100 м), то в 2006 г. на рынок вышли ВЭУ с единичной мощностью 3—5 МВт. Одновременно развивается производство ВЭУ мощностью 10—100 кВт, перспективных для обеспечения автономного энергообеспечения потребителей, не подключенных к централизованным сетям.

Опыт создания и эксплуатации ветровых энергоустановок показал, что «ветровая ферма» в европейских климатических условиях может обеспечить генерацию 12—16 МВт электроэнергии с 1 км² занимаемой ею площади со следующими экономическими показателями (2003 г.):

- капитальные затраты 1000 Евро/кВт;
- стоимость производимой энергии 34 Евро/МВтч;
- текущие эксплуатационные затраты 5—22 Евро/МВтч;
- продолжительность работы сетевых ВЭУ 2500—3000 ч/год.

Ожидается, что к 2010 г. эти показатели могут быть существенно улучшены и будут составлять соответственно 650 Евро/кВт, 24 Евро/МВтч и 5—11 Евро/МВтч при гарантированной продолжительности работы (сроке службы) ВЭУ до 120 000 часов. При таких показателях ВЭУ окажутся конкурентоспособными по отношению к традиционным энергоустановкам на органическом топливе (сегодня убыточность ВЭУ, как правило, покрывается за счет государства). Большое внимание уделяется созданию крупных оффшорных ветровых электростанций, преимуществами которых являются большие стабильность и абсолютные значения скорости ветра над морской поверхностью, а также отсутствие необходимости в отторжении дорогой материковой земли и отсутствие вредного воздействия шума на близлежащие жилища.

Россия располагает большими ветровыми ресурсами. Распределение среднегодовых значений скорости ветра

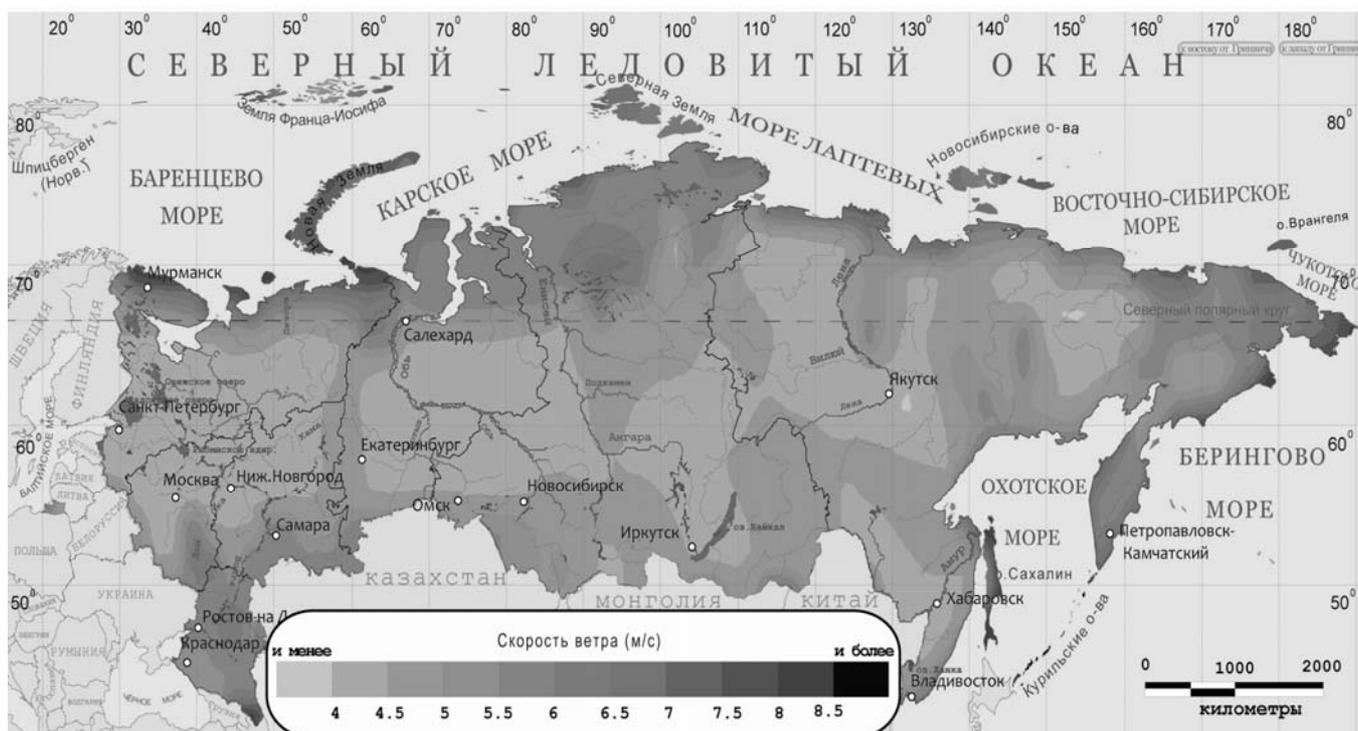


Рис. 4. Распределение значений среднегодовых скоростей ветра на высоте 50 м по территории России

по территории страны представлено на карте (рис. 4). К сожалению, районы с наиболее высокими средними скоростями расположены в основном по северным окраинам страны, где сегодня число платежеспособных потребителей электроэнергии ограничено. Вместе с тем среднегодовые скорости ветра, превышающие 6 м/с, имеют место на востоке страны (Курилы, Чукотка, о. Сахалин и др.), а также на юге Европейской части, где проблемы энергоснабжения стоят весьма остро и где ВЭУ могли бы внести существенный вклад в решение проблем энергоснабжения, по крайней мере, потребителей, не подключенных к сетям централизованного электроснабжения. К настоящему времени суммарная мощность ветроустановок, действующих в России, составляет всего менее 15 МВт.

Отечественные разработки в области сетевых ветроустановок существенно отстают от зарубежных. Единственным реальным путем вернуть Россию на международный уровень разработок и производства ВЭУ большой мощности является использование зарубежного опыта и организация их производства совместно с иностранными фирмами. Для этого сегодня имеются благоприятные предпосылки в связи с перегруженностью производственных мощностей зарубежных компаний (очередь на поставку современных ВЭУ в связи с большим количеством заказов сегодня превышает 1,5—2 года). Представляется важной реализация крупномасштабного проекта создания сетевой ветростанции мощностью 50—100 МВт в одном из регионов страны. Такой коммерческий проект планируется реализовать компанией «Greta-Energy Inc.» (Канада) совместно с администрацией Краснодарского края под г. Ейском. В отличие от крупных ВЭУ, в России имеется довольно развитая производственная база по выпуску автономных ветроустановок малой мощности: от 0,04 до 16 кВт.

Геотермальная энергия

Существенный вклад в энергоснабжение различных регионов страны может внести геотермальная энергия. Под геотермальной энергией понимают физическое тепло глубинных слоев Земли, имеющих температуру, превышающую температуру воздуха на поверхности. В качестве носителей этой энергии могут выступать как жидкие флюиды (вода и/или пароводяная смесь), так и сухие горные породы, расположенные на соответствующей глубине. Из горячих недр Земли на ее поверхность постоянно поступает тепловой поток, интенсивность которого в среднем по земной поверхности составляет около $0,03 \text{ Вт/м}^2$. Под воздействием этого потока, в зависимости от свойств горных пород, возникает геотермический градиент. В большинстве мест он составляет не более $2\text{—}3 \text{ }^\circ\text{C}/100\text{м}$. Однако в местах молодого вулканизма, вблизи разломов земной коры геотермический градиент увеличивается в несколько раз и уже на глубинах несколько сот метров, а иногда несколько километров, находятся либо сухие горные породы, нагретые до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ и более, либо запасы воды или пароводяной смеси с такими температурами. Несмотря на то, что в ряде стран, в том числе и

России, продолжают попытки использовать тепло сухих горных пород, сегодня в качестве источников геотермальной энергии для получения тепла и/или для производства электроэнергии экономически целесообразно использовать лишь термальные воды и/или парогидротермы.

Существующие геотермальные электростанции (ГеоЭС) представляют собой установки, работающие с термодинамической точки зрения по циклу Ренкина. Рабочим телом в паровой турбине может быть либо водяной пар, получаемый непосредственно из геотермального флюида (в этом случае установка называется одноконтурной), либо, особенно при невысокой температуре флюида, двухконтурные (бинарные) с низкипящим рабочим телом во втором контуре. Единичная мощность таких ГеоЭС составляет от сотен кВт до сотен МВт.

Для производства электроэнергии с приемлемыми технико-экономическими показателями температура геотермального флюида должна быть, как правило, не ниже $150 \text{ }^\circ\text{C}$, в то время как для целей прямого теплоснабжения пригодны месторождения с более низкими температурами ($30\text{—}100 \text{ }^\circ\text{C}$). В определенных условиях неглубоко залегающие термальные воды с температурой $20\text{—}30 \text{ }^\circ\text{C}$ могут эффективно использоваться как источник низкопотенциального тепла в теплонасосных системах теплоснабжения.

Основные проблемы геотермального теплоснабжения связаны с солеотложением и коррозионной стойкостью материалов и оборудования, работающих в условиях агрессивной среды. В этой связи представляет большой практический интерес внедрение двухконтурных систем теплоснабжения с использованием эффективного и коррозионностойкого современного теплообменного оборудования. С целью избежания загрязнения окружающей среды, рек и водоемов извлекаемыми из недр земли минеральными соединениями современные технологии использования геотермальной энергии предусматривают обратную закачку отработавшего геотермального флюида в пласт.

В последние годы в России отмечается значительный прогресс в развитии геотермальной энергетики, обусловленный необходимостью решения острых проблем энергоснабжения отдаленных районов, располагающих большими разведанными запасами высокотемпературных геотермальных ресурсов, и достижениями отечественной промышленности в создании новых образцов геотермального оборудования [6, 7].

На территории России разведаны большие запасы геотермальной энергии, которые по оценкам экспертов в несколько раз превышают запасы энергии органического топлива. Для использования геотермальных ресурсов в России имеется более 3000 пробуренных в предшествующие годы скважин, что существенно облегчает возможности эффективного освоения геотермальных ресурсов.

В последние годы достигнуты значительные успехи в практическом освоении геотермальных ресурсов на Камчатке. Ввод в эксплуатацию в 1999 г. пилотной Верхне-Мутновской ГеоЭС мощностью 12 (3x4) МВт и

в 2002 г. первой очереди Мутновской ГеоЭС мощностью 50 (2х25) МВт открывает новые перспективы, технические и финансовые возможности для разработки эффективных технологий использования геотермальных ресурсов и в других регионах России.

В настоящее время российскими организациями разработано более 5 крупных проектных предложений использования геотермальных ресурсов на Северном Кавказе, в Западной Сибири, в Калининградской области, на Камчатке и в других районах. К сожалению, распределение геотермальных ресурсов по территории России весьма неравномерно, извлечение геотермального тепла требует значительных затрат на бурение скважин (там, где они отсутствуют) и на решение проблем предотвращения солеотложений и коррозии инженерного оборудования. Каждый из рассматриваемых проектов имеет существенные индивидуальные особенности, накладывающие дополнительные требования к разработке оптимальных технических решений и удорожающих проект. Тем не менее, как показывают оценки, для ряда регионов страны использование геотермальной энергии оказывается экономически эффективным и конкурентоспособным, особенно по отношению к вариантам энергоснабжения, базирующимся на использовании дорогого привозного топлива.

Приоритетными направлениями дальнейших исследований и разработок являются разработки бинарных геотермальных энергоустановок на низкотемпературных рабочих телах, решение проблем, связанных с солеотложениями и коррозией геотермального оборудования, разработкой технологий извлечения ценных химических компонентов из геотермальных флюидов.

Энергия малых водных потоков

Наиболее подготовленными к экономически эффективному практическому использованию являются относительно новые технологии преобразования энергии водных потоков: микро-, мини- и малые гидроэлектростанции, а также энергоустановки, использующие энергию морских приливов, и волновые энергоустановки.

В последние годы достигнут значительный технический прогресс в разработке малых гидроагрегатов, в том числе и в России. Разработанное оборудование удовлетворяет повышенным техническим требованиям:

- обеспечивает работу установок как в автономном режиме, так и на местную электрическую сеть;
- полностью автоматизировано и не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала;
- обладает повышенным ресурсом работы (до 40 лет, межремонтный период до 5 лет) и др.

Достоинством малых ГЭС является низкая абсолютная капиталоемкость, короткий инвестиционный цикл. Они могут сооружаться практически на любых водных объектах, имеющих сколько-нибудь значимый гидроэнергетический потенциал: на малых реках и ручьях, водосборных сооружениях мелиоративных систем, водосбросах ТЭС, а также в питьевых водоводах, продуктопроводах предприятий, канализационных коллекторах и др.

В Российской Федерации имеется свыше 2,5 миллионов малых рек. Они формируют около половины суммарного объема речного стока, в их бассейнах проживает до 44% городского населения страны и 90% сельского. Энергетический потенциал малых рек России, использование которого возможно доступными средствами, составляет 493 млрд. кВтч, в том числе более 100 млрд. кВтч только в Европейской части.

Еще в 50—60-е годы страна занимала передовые позиции в мире по сооружению малых ГЭС. В начале 50-х годов они обеспечивали до 25% потребностей сельского хозяйства в электроэнергии. В последующие годы по ряду причин, прежде всего, в связи с развитием централизованных систем энергоснабжения, базирующихся на использовании крупных электростанций, строительство малых ГЭС было приостановлено, и число эксплуатируемых в стране малых ГЭС стало резко сокращаться. Сегодня в России эксплуатируется немногим более 100 малых гидроэлектростанций, однако темпы возрождения малой гидроэнергетики непрерывно возрастают.

Наиболее эффективны малые ГЭС, создаваемые на базе ранее существовавших, но впоследствии выведенных из эксплуатации ГЭС. Это направление может быть эффективным в Европейской части России, где существовали и работали в 50—60-е годы сотни малых ГЭС. Теперь они могут быть реконструированы, восстановлены и технически перевооружены. На ряде малых ГЭС сохранились гидротехнические сооружения и бьефы, которые используются в рекреационных и мелиоративных целях, что упрощает задачу восстановления объектов и снимает ряд задач, связанных с экологией. Целесообразно использование в энергетических целях существующих малых и небольших водохранилищ, которых в России более 1000.

На базе малых ГЭС могут создаваться энергокомплексы, так как их водохранилища способны аккумулировать энергию солнечных и ветровых электростанций, характеризующихся непостоянным режимом функционирования. Это позволит более эффективно использовать значительный потенциал и других возобновляемых источников энергии.

Приливные электростанции

Приливные электростанции используют энергию морских приливо-отливных течений, связанных с взаимодействием гравитационных полей Земли, Луны и Солнца. Основные периоды приливов составляют около 1 суток и около полусуток (~ 12 ч 25 мин). В течение года на характеристики приливных течений оказывает влияние взаимное расположение указанных космических объектов. Весной силы притяжения Луны и Солнца действуют в одном направлении, обеспечивая максимальную интенсивность приливных течений. Минимальная интенсивность приливов имеет место в 1-ой и 3-ей четвертях Луны, когда вектора сил притяжения Луны и Солнца перпендикулярны. В открытом океане

приливная волна имеет высоту всего 2—3 м и почти незаметна, но на мелководье и в заливах, открытых в сторону океана, она может достигать высоты 12—16 м. Вертикальное перемещение масс воды сопровождается горизонтальным (приливные течения). Таким образом, энергия прилива характеризуется как изменением потенциальной энергии, так и кинетической энергии потока. Скорости приливных течений могут достигать 2—3 м/с. Сегодня в мире действует около десятка ПЭС общей мощностью около 500 МВт.

На территории России наиболее подходящими местами для создания приливных электростанций являются некоторые участки побережий Белого, Баренцева, Охотского морей, где приливы превышают 5 м. В 1986 г. в СССР вступила в строй экспериментальная Кислогубская ПЭС с двумя агрегатами общей мощностью 400 кВт на Кольском полуострове (годовая выработка около 1,2 млн кВтч электроэнергии). Впервые в мировой практике гидротехнического строительства станция была возведена наплавным способом, позволяющим примерно на треть снизить капитальные затраты. В 2005 г. РАО ЕЭС России осуществило реконструкцию станции. В последние годы в России возобновились исследования и разработки, направленные на изучение целесообразности строительства новых приливных электростанций.

Волновые энергоустановки

Весьма перспективным энергоносителем являются морские волны, которые способны развивать наибольшую для возобновляемых источников удельную мощность. Так, средняя величина потока энергии набегающей волны, зависящей от амплитуды и частоты волн, при периоде 7—10 с и сравнительно небольшой высоте 2 м в расчете на 1 м фронта волны составляет 40—50 кВт. В отдельных акваториях на средних широтах обоих полушарий Земли волновая активность характеризуется величинами удельных потоков 70—100 кВт/м.

Основные трудности, с которыми приходится иметь дело разработчикам волновых энергоустановок, исходят из необходимости создания преобразователей волновой энергии, пригодных для эффективной работы в условиях непостоянства амплитуд, фаз и направлений распространения волн, а также некоего характерного спектра частот возбуждающих сил. При этом устройства должны обладать совершенными конструктивными и эксплуатационными характеристиками, быть надежными и экономически приемлемыми. Несмотря на то, что пока волновые энергоустановки не достигли технического

уровня, при котором возможно их массовое практическое применение, целесообразно продолжать исследования и разработки в этом направлении.

* * *

Установки на ВИЭ пока не могут повсеместно и в полной мере конкурировать с централизованными системами энергоснабжения. Однако для рассредоточенных потребителей, особенно для тех, жизнеобеспечение которых осуществляется за счет привозного топлива, ВИЭ являются во многих регионах исключительно важными, конкурентоспособными и порой единственными источниками энергообеспечения.

Высокие темпы продвижения ВИЭ на энергетические рынки многих стран и регионов во многом обусловлены государственной поддержкой, заботой об энергетической и экологической безопасности. В России ВИЭ пока не уделяется должного внимания. Одним из важнейших этапов ускорения практического использования ВИЭ в нашей стране должно стать создание сети демонстрационных объектов в регионах, наглядно показывающих преимущества и особенности использования ВИЭ и убеждающих региональные власти и бизнес в необходимости приоритетного развития этих экологически чистых перспективных энергетических технологий. Особое значение ВИЭ имеют для туристско-рекреационных зон, создаваемых в различных районах страны. ВИЭ должны найти достойное место в проектах Энергетических стратегий России и регионов.

В данный обзор возобновляемых источников энергии не включена биомасса, энергетическая переработка которой бурно развивается в мире и в России, т.к. этот вопрос требует отдельного рассмотрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Renewables 2007 Global Status Report. www.ren21.net
2. Шафер О. Возобновляемая энергия. Инф. бюлл., август 2005, с. 4—7.
3. О целевом видении стратегии развития электроэнергетики России на период до 2030 года. Москва, Российская академия наук, 2007, 136 с.
4. Попель О.С., Фрид С.Е., Щеглов В.Н., Сулейманов М.Ж., Коломиец Ю.Г., Прокопченко И.Н. Теплоэнергетика, 2006, № 3, с. 11—16.
5. Market overview of wind turbines. Sun&Wind Energy 2/2007.
6. Доброхотов В.И., Поваров О.А. Теплоэнергетика, 2003, №1, с. 2—11.
7. Поваров О.А., Саакян В.А., Никольский А.И., Лузин В.Е., Сапожников М.Б., Моргунов В.М. Тяжелое машиностроение, 2002, №8.