

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НИШИ И ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ»

для специальности *140202*– Нетрадиционные и возобновляемые
источники энергии

Москва
2012

Раздел 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ

1.1. Специальность.

140202 – Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

1.2. Учебная программа дисциплины

1.2.1. Введение.

Классификация возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Потенциал различных видов ВИЭ в мире и в России. Особенности использования ВИЭ. Динамика развития использования ВИЭ в мире. Динамика развития использования ВИЭ в России, с учетом специфики отечественной энергетики.

1.2.2 Энергия солнца.

Распределение ресурсов солнечной радиации в России. Солнечные энергетические установки (СЭУ) для нагрева воды. СЭУ для отопления. СЭУ для выработки электрической энергии (ЭЭ). Перспективы СЭУ для эксплуатации в климатических условиях России.

1.2.3 Энергия ветра.

Распределение ресурсов ветра в России. Классификация ветроэнергетических установок (ВЭУ). Перспективы ВЭУ для эксплуатации в климатических условиях России.

1.2.4 Гидроэнергетика.

Гидроэнергетический потенциал России. Гидроэнергетические станции. Гидроаккумулирующие станции. Малая и микро гидроэнергетика

1.2.5 Геотермальная энергия и энергия биомассы.

Ресурсы геотермальной энергии в России. Принцип использования геотермальной энергии. Геотермальные станции. Энергия биомассы. Энергетическое биосырье. Технологии энергетической переработки биомассы.

1.3. Описание дисциплины

В соответствии с учебным планом по специальности изучение
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЛЕКЦИЙ

Лекция	Краткое содержание
1	Введение.
2	Энергия солнца.
3	Энергия ветра.
4	Гидроэнергетика.
5	Геотермальная энергия и энергия биомассы.

Раздел 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

2.1. Учебники, учебные пособия, методические указания, конспект лекций и др. (в т.ч. и в электронной версии)

1. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 168 с.
2. Renewables Global Status Report – 2011 // 2011. http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf.
3. Томаров Г.В., Никольский А.И., Семенов В.Н., Шипков А.А. Развитие российских геотермальных энергетических технологий // Теплоэнергетика, № 11, 2009, СС. 2-12.
4. Усачев И.Н. Использование энергии морских приливов // Энергетический вестник №2, 2008, СС. 45–50.
5. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. – М.: ОИВТ РАН, 2010. 84 С.
6. Попель О.С., Фрид С.Е., Шпильрайн Э.Э., Щеглов В.Н., Изосимов Д.Б., Туманов В.Л. Системы автономного энергоснабжения с использованием солнечной и/или ветровой энергии и водородных накопителей. // Теплоэнергетика № 3. 2006. С. 42-50.

7. О.С. Попель, С.Е. Фрид, Э.Э. Шпильрайн, Д.Б. Изосимов, В.Л. Туманов. Солнечные и ветровые автономные энергоустановки с водородным накопителем. // Перспективы энергетики, 2006, том 10, С. 77-90.
8. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Современные виды накопителей электрической энергии и их применение в автономной и централизованной энергетике // Теплоэнергетика №11, 2011, СС. 2-11.
9. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Сравнительный анализ систем длительного аккумулирования энергии для источников резервного и аварийного питания, а также энергоустановок на возобновляемых источниках энергии // Теплоэнергетика №11, 2012 (в печати).
10. Попель О.С., Тарасенко А.Б., Фрид С.Е. Анализ эффективности использования автономных фотоэлектрических систем наружного освещения в климатических условиях Москвы и юга России // Теплоэнергетика №11, 2012 (в печати).
11. И.Я. Редько. Многофункциональный энерготехнологический комплекс (МЭК) – основа энергоснабжения удаленных регионов РФ. <http://pt21.ru/docs/pdf/46.pdf>.
12. Коломиец Ю.Г., Попель О.С., Фрид С.Е. Эффективность использования солнечного излучения для нагрева воды на территории Российской Федерации // Альтернативная энергетика и экология. 2009. № 6. СС. 16-23.
13. Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Сушникова Е.В., Ямудер В.Ф. Эффективность и перспективы использования различных систем солнечного нагрева воды в климатических условиях Российской Федерации // Теплоэнергетика. 2011. №11. С. 26-31.
14. Коломиец Ю.Г., Попель О.С., Фрид С.Е., Сушникова Е.В. Сравнительная эффективность использования солнечных водонагревателей различных типов в климатических условиях Российской Федерации // Альтернативная энергетика и экология. 2011. № 12. С. 33-38.

2.2. Краткий конспект лекций

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НИШИ И ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ

О.С. Попель

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва

Дан краткий обзор состояния практического использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире и рассмотрены приоритетные направления использования ВИЭ в России

Интерес к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) из года в год неуклонно растет на всех уровнях мирового сообщества [1]. ВИЭ приобрели не только энергетическое и экологическое, но и мировое политическое звучание. В наше время они уже вносят заметный вклад в глобальное потребление энергии, однако повышенный интерес к ним прежде всего связывается с надеждами на экологически

безопасное и устойчивое энергоснабжение человечества в будущем. В то время как традиционная энергетика, базирующаяся на использовании ископаемых органических энергоресурсов, с начала XXI века росла в среднем с темпом всего около 2% в год, использование основных нетрадиционных ВИЭ росло в это же время со средними темпами в десятки процентов в год (см. рис. 1).



Рисунок 1 – Средние годовые темпы роста мощности энергоустановок на ВИЭ и производства биотоплива в 2005–2010 гг. [2]

Столь высокие темпы проникновения ВИЭ на крайне инерционный энергетический рынок, новые технологии на который пробиваются десятилетиями, говорят о том, что возобновляемая энергетика становится все более серьезным «игроком» и заслуживает пристального внимания. Важно правильно оценить какие технологии использования ВИЭ являются наиболее перспективными и могут найти эффективное практическое применение уже сегодня, в ближайшем и отдаленном будущем.

Следует отметить, что существует 2 различных подхода к определению возобновляемых источников энергии и учету их в энер-

гетических балансах. В общем случае термин «возобновляемые источники энергии» 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 относят также геотермальное тепло, поступающее на поверхность Земли из ее недр, низкопотен-

циальное тепло окружающей среды, а также некоторые источники энергии, связанные с жизнедеятельностью человека (тепловые «отходы» жилища, органические отходы промышленных и сельскохозяйственных производств, бытовые отходы и т.п.).

При таком определении, безусловно, к ВИЭ следует относить и широко используемые с помощью ГЭС гидроэнергетические ресурсы и традиционно применяемую в энергетических целях во многих странах, прежде всего в развивающихся, традиционную биомассу (дрова, хворост и т.п.). В этом случае вклад ВИЭ в мировое потребление энергии сегодня составляет 16%. Остальная часть мирового энергобаланса покрывается традиционными ископаемыми органическими топливами: уголь, газ, нефть – 81% и ядерной энергией – около 3%. При этом из 16%, относящихся к ВИЭ, большая часть приходится на традиционную биомассу (около 10%) и на крупные гидроэлектростанции (более 3%). В мировое производство **электроэнергии** вклад всех видов ВИЭ превышает 19%, из них на гидроэнергетику приходится более 16%, а на другие ВИЭ 3,3%. Однако гидроэнергетический потенциал крупных рек в мире освоен уже примерно на треть, неосвоенная его часть сосредоточена преимущественно в слаборазвитых странах, развитие крупной гидроэнергетики ограничивается из-за необходимости больших капитальных затрат на строительство ГЭС и негативными экологическими последствиями. Потребление традиционной биомассы в мире неуклонно сокращается в связи с переходом на более совершенные технологии теплоснабжения и приготовления пищи.

Таким образом, расширение масштабов освоения ВИЭ в мире сегодня связывается лишь с относительно новыми технологиями их энергетического использования, и среди специалистов преобладает второй подход, при котором к ВИЭ относят только нетрадиционные возобновляемые источники энергии, а крупные ГЭС мощностью более 25 МВт и традиционная биомасса, используемая напрямую для теплоснабжения и приготовления пищи, из рассмотрения исключаются (рис. 2).

Из приведенных выше данных следует, что вклад нетрадиционных ВИЭ в глобальное потребление энергии пока немногим превышает 2%, а в производство электроэнергии составляет менее 4%. Казалось бы, не много, однако отмеченные ранее высокие темпы развития практического использования ВИЭ свидетельствуют о том, что новые технологии преобразования нетрадиционных ВИЭ сде-

дали заявку на то, чтобы претендовать на серьезные роли в будущей мировой энергетике.

Этот вывод подтверждается непрерывным ростом инвестиций в данный сектор энергетики, которые в 2010 году превысили 200 млрд. долларов (рис. 3) [2], и в отличие от инвестиций в другие сектора мировой экономики не претерпели какого-либо спада вследствие мирового финансово-экономического кризиса 2008 года.

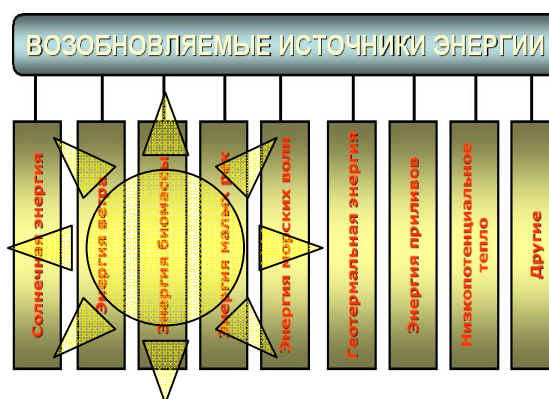


Рисунок 2 – Основные виды нетрадиционных возобновляемых источников энергии



Рисунок 3 – Рост инвестиций в развитие нетрадиционных ВИЭ [2]

Страны-лидеры по масштабу инвестиций в ВИЭ включают Китай, Германию, США, Италию и Бразилию. Инвестиции Китая в 2010 году составили 49 млрд. долларов, Германии – 41 млрд. (из них 34,3 млрд. было инвестировано в малую распределенную энергетику на ВИЭ, в основном в крышные фотоэлектрические установки), США – 25 млрд. Максимальные темпы роста инвестиций в ВИЭ по отношению к 2009 году имели место в Италии (248%), США (58%) Канаде (47%), Бельгии (40%), Китае (28%), Индии и Бразилии (по 25%).

В 2011 году суммарная установленная мощность энергоустановок на нетрадиционных ВИЭ достигла 370 ГВт и сравнялась с суммарной мощностью действующих в 32 странах мира 439 ядерных энергетических реакторов. В Евро-Азиатской части земного шара вклад ВИЭ (без крупных гидроэлектростанций) в энергетический баланс региона превысил 6%.

Важными являются также следующие факты, характеризующие состояние развития ВИЭ в некоторых странах на конец 2010 г. [2]:

В США вклад всех ВИЭ в суммарное потребление энергии достиг 10,9% (для сравнения вклад ядерной энергетики 11,3%) и вырос по сравнению с 2009 годом на 5,6%.

В Китае за год введено в эксплуатацию 29 ГВт новых мощностей на базе ВИЭ, что по отношению к установленной мощности всех электростанций страны (263 ГВт) составляет 12%. С учетом крупных ГЭС доля ВИЭ в суммарной мощности электрогенерирующих установок достигла 26% и 18% в суммарной генерации. Вклад ВИЭ в потребление первичной энергии в 2010 г. достиг 9%. В Германии вклад ВИЭ в топливно-энергетический баланс страны составляет 11%, в том числе в производстве электроэнергии доля ВИЭ достигла

16,8%, в производстве тепловой энергии (преимущественно в результате использования биомассы) 9,8%, а в использовании моторных топлив 5,8% (биотоплива). Среди различных ВИЭ, используемых для производства электроэнергии, лидирующую роль играют ветровые установки (36%), биомасса, малые ГЭС и фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии.

Рекордно высокие доли производства электроэнергии с использованием энергии ветра достигнуты в Дании (22%), Португалии (21%), Испании (15,4%) и в Ирландии (10,1%).

В настоящее время около 100 стран мира сформулировали целевые индикаторы по развитию ВИЭ на период до 2020 года и на более дальнюю перспективу. В большинстве случаев в течение ближайших 10-20 лет планируется достичь вклада ВИЭ в энергобалансы на уровне от 10 до 30%. Наиболее амбициозные целевые индикаторы приняты в Европейском Союзе (рис. 3). Следует подчеркнуть, что в большинстве стран-лидеров ускоренное освоение ВИЭ осуществляется при определяющей государственной законодательной и прямой финансовой поддержке.

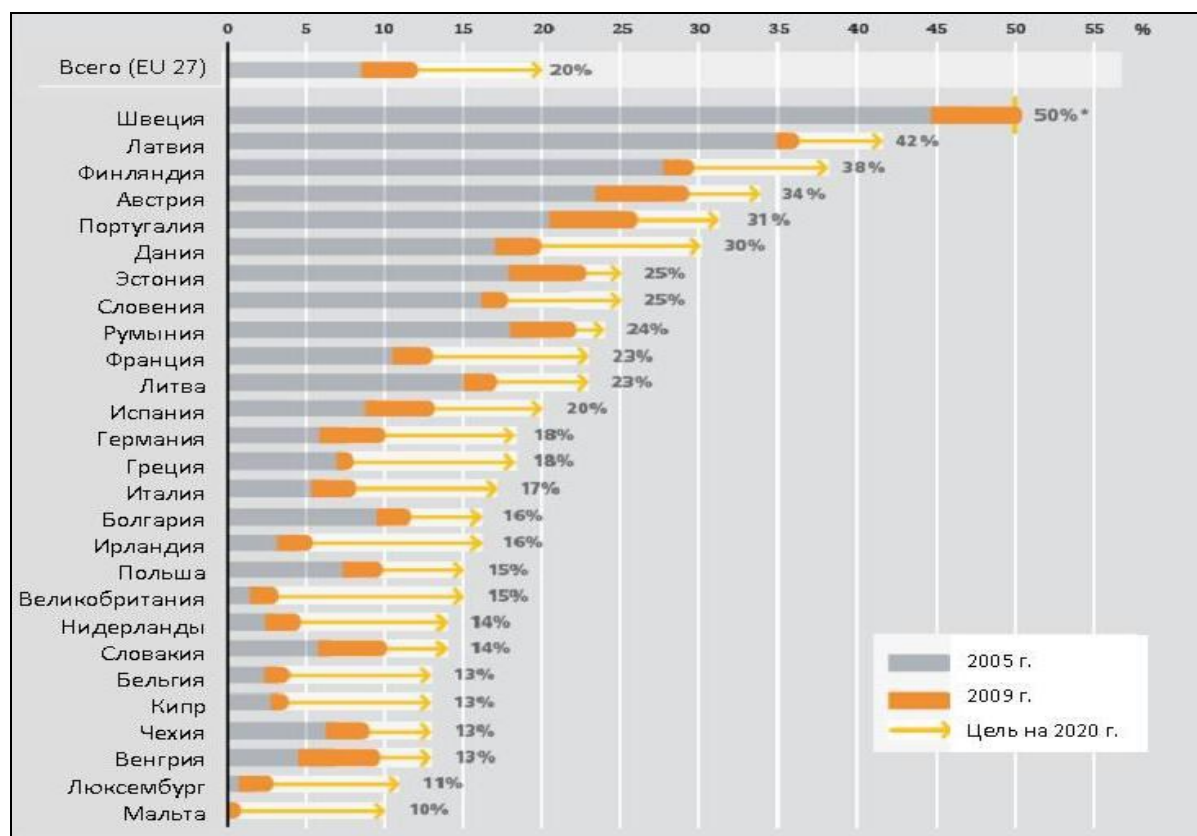


Рисунок 3 – Достигнутые в 2005 и в 2009 гг. показатели по вкладу ВИЭ в конечное потребление энергии в странах ЕС и цели на 2020 г. [2]

ВИЭ В РОССИИ

Россия является энергетической державой, в недрах которой, по оценкам международных экспертов, сосредоточено около четверти из 185 трлн м³ мировых запасов природного газа, 6 % из 171 млрд т мировых запасов нефти и около 30 % запасов угля. По добыче нефти и газа Россия занимает одну из лидирующих позиций в мире. В России ежегодно извлекается 450–490 млн т нефти, что составляет около 12 % ежегодной мировой добычи, и более 600 млрд. м³ природного газа в год, или около 20 % мировой добычи.

Россия не только обеспечивает топливом и энергией потребителей внутри страны, но и в больших объемах экспортирует энергоресурсы.

Нефтегазовый комплекс сегодня является крупнейшим субъектом хозяйственной деятельности Российской Федерации, формирующим около 20 % российского ВВП и около 50 % доходов консолидированного бюджета. Отказаться от интенсивной эксплуатации этого ресурса в существующей ситуации чрезвычайно сложно как по экономическим, так и по политическим причинам.

Тем не менее, очевидно, что запасы нефти и газа не безграничны, на разведку и освоение новых месторождений требуются все возрастающие затраты. Уже сегодня необходимы разработки, направленные на совершенствование топливно-энергетического баланса, повышение эффективности использования энергетических ресурсов, диверси-

фикацию первичных источников энергии и тем самым на сокращение долей потребления нефти, газа и угля.

Несмотря на кажущуюся обеспеченность запасами органического топлива в России уже сегодня имеются предпосылки и обширные ниши для эффективного применения ВИЭ, прежде всего, в районах, удаленных от централизованных систем энергоснабжения, которые могут быть существенно расширены в случае целенаправленной реализации принятых в последнее время руководством страны решений по повышению энергоэффективности экономики и стимулированию развития альтернативных источников энергии.

В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 г № 1-р в России к 2020 году необходимо достичь вклада ВИЭ в производство электроэнергии (без ГЭС мощностью более 25 МВт) на уровне 4,5 % или ввести в эксплуатацию энергоустановки на ВИЭ суммарной мощностью более 20 ГВт. Для условий России, где установленная мощность энергоустановок на ВИЭ в настоящее время не превышает 2,2 ГВт, а ежегодная выработка электрической энергии составляет не более 8,5 млрд кВт.ч, или менее 1 % от общего объема производства электроэнергии, – это достаточно сложная задача, успешное решение которой требует разработки и принятия в сжатые сроки ряда нормативных документов и законодательных актов, определяющих конкретные меры стимулирования ускоренного развития ВИЭ в стране.



Рисунок 4 – Централизованное и автономное энергоснабжение на территории России

Необходимо принимать во внимание, что в отличие от стран Европы, США, Японии и других развитых стран, где ВИЭ уже нашли широкое применение, системы централизованного энергоснабжения покрывают лишь примерно 1/3 территории России (рис. 4), а на 70 % территории энергоснабжение потребителей осуществляется преимущественно с помощью автономных энергоустановок, работающих на дорогом привозном жидком топливе или с использованием местных ресурсов (уголь, древесное топливо, торф и др.).

Для России с ее огромной территорией актуальна проблема региональной энергетической безопасности, поскольку большая часть районов страны энергодефицитны: в них завозится топливо или поставляется электроэнергия из других районов. Немногим более 50 % городов и всего около 35 % сельских населенных пунктов обеспечены относительно дешевым сетевым природным газом. В сложившихся в стране экономических условиях и при продолжающемся быстром росте внутренних цен и тарифов на энергетические ресурсы многие потребители, в том числе расположенные в зоне централизованного энергоснабжения, зачастую предпочитают использовать собственные источники электро- и теплоснабжения, что в ряде случаев ведет к нерациональному использованию органического топлива и к ухудшению экологической обстановки.

Перечисленное свидетельствует о том, что в России необходимо в первую очередь обратить внимание на разработку и создание систем автономного электро- и теплоснабжения потребителей. Именно в этой сфере энергоустановки на ВИЭ уже сегодня в ряде случаев оказываются конкурентоспособными и могут обеспечить положительный экономический, социальный и экологический эффекты.

Основными сферами энергетического использования возобновляемых источников энергии являются производство **электроэнергии, тепловой энергии**, а также производство альтернативных топлив, прежде всего, **биотоплив**.

Эти три сферы предполагают использование различных технологий преобразования энергии, причем одни и те же первичные возобновляемые источники могут быть применены для получения различных полезных энергетических продуктов.

В зоне **централизованного энергоснабжения** создание подключенных к сети электростанций на ВИЭ представляет интерес в ближайшем будущем, прежде всего, в энергодефицитных районах. При этом размещение генерирующих мощностей наиболее

привлекательно на конце тупиковых линий электропередачи. В этом случае обеспечивается повышение надежности энергоснабжения тупиковых потребителей, в значительной мере улучшается качество поставляемой электроэнергии (стабильность напряжения и частоты), решаются проблемы охраны окружающей среды.

Сегодня особый интерес инвесторов проявляется к быстро развивающимся энергодефицитным Южному и вновь образованному Северо-Кавказскому федеральным округам России, располагающим значительными энергетическими ресурсами для создания малых гидроэлектростанций, сетевых ветростанций, энергоустановок, утилизирующих отходы сельскохозяйственного производства, геотермальных энергоустановок. Серьезным стимулом для ввода экологически чистых энергоустановок на ВИЭ является подготовка к Зимней олимпиаде 2014 года в Сочи, а также сосредоточение в этом регионе рекреационных и особо охраняемых природных зон. Однако при существующей экономической конъюнктуре проекты имеют сроки окупаемости, как правило, превышающие 8–10 лет, что не вполне приемлемо для частного бизнеса.

В этой ситуации темпы реализации проектов во многом будут определяться величиной гарантированных государством стимулирующих надбавок к цене оптового рынка на электрическую энергию, устанавливаемых с целью выравнивания конкурентных условий для производителей электроэнергии на основе ВИЭ и ископаемых видов органического топлива.

Следует отметить, что сегодня в России эксплуатируются сетевые ветроустановки суммарной установленной мощностью менее 15 МВт (в мире более 200 ГВт), а из действовавших в конце 50-х годов прошлого века около 7 000 малых гидроэлектростанций осталось в эксплуатации около 100. Россия располагает большим научно-техническим и производственным потенциалом в области гидроэнергетического строительства, в том числе создания современных малых и мини-ГЭС как внутри страны, так и за рубежом [4]. Что касается сетевых ветроустановок мегаваттного класса и других технологий использования ВИЭ для сетевой энергетики, то при принятии государством необходимых стимулирующих мер есть основания полагать, что в сотрудничестве с ведущими зарубежными компаниями эти технологии могут быть в сжатые сроки освоены на базе отечественных производственных мощностей.

Заметные успехи в России в последнее десятилетие достигнуты в области геотер-

мальной энергетики [3]. Примером тому может служить создание Верхне-Мутновской мощностью 12 (3 x 4) МВт и Мутновской мощностью 50 (2 x 25) МВт геотермальных электростанций на Камчатке, обеспечивших покрытие более чем 30 % потребностей региона в электроэнергии, что в значительной степени решило острую проблему ежегодного завоза жидкого топлива в этот отдаленный регион. Себестоимость производимой на ГеоЭС электроэнергии в 3–4 раза ниже, чем на дизельных электростанциях.

В настоящее время российскими организациями разработано несколько крупных проектных предложений использования геотермальных ресурсов для электро- и теплоснабжения населенных пунктов на Северном Кавказе, на Камчатке, в Западной Сибири, в Калининградской области и в других районах [3]. «РусГИДРО» с участием специализированных российских компаний начаты работы по реконструкции Паужетской геотермальной электростанции, где в 2012 году планируется ввод в эксплуатацию первого в России бинарного энергоблока на низкокипящем рабочем теле R134a мощностью 2,5 МВт. Планируется расширение Мутновской ГеоЭС с увеличением ее установленной мощности на 12 МВт за счет использования дополнительных паровых и бинарных турбин. Важно отметить, что все ведущие разработки базируются преимущественно на использовании отечественного оборудования, по своим характеристикам не уступающего лучшим зарубежным образцам.

Россия занимает достойное место в мире в области разработки и создания приливных электростанций (ПЭС). По оценкам специалистов [4], наиболее подходящими местами для создания ПЭС в России являются некоторые

участки побережий Белого, Баренцева и Охотского морей, где приливы превышают 5–10 м. Наряду с модернизацией действующих экспериментальной Кислогубской ПЭС и Малой Мезенской ПЭС мощностью 1,5 МВт компания «РусГИДРО» с участием специализированных российских организаций ведет разработку проектов нескольких ПЭС, самую крупную из которых – Пенжинскую ПЭС мощностью 87 ГВт – в перспективе планируется разместить на северном побережье Охотского моря.

В зоне **автономного энергоснабжения** для многих районов России представляет интерес, прежде всего, использование автономных ветровых и солнечных установок, а также биомассы (древесные, сельскохозяйственные и другие отходы).

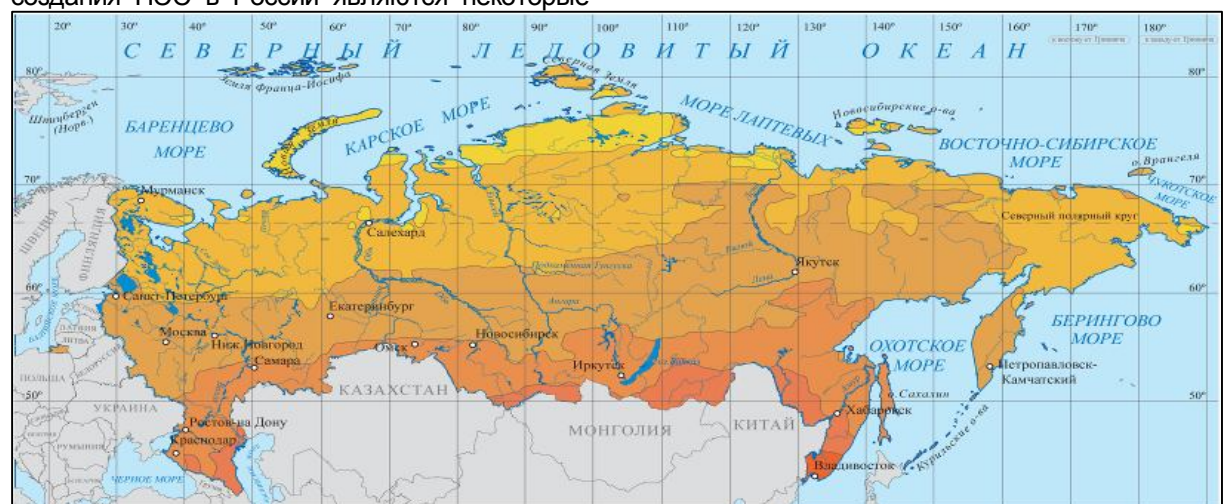


Рисунок 5 – Сравнение ресурсов солнечной энергии в Европе и в России (суммарная среднедневная солнечная радиация на наклонную поверхность южной ориентации с углом наклона равным широте местности (год)) [5]

Целесообразность использования здесь ВИЭ обуславливается проблемами завоза топлива и весьма высокой стоимостью электрической и тепловой энергии, получаемых в ряде отдаленных от сетей централизованного энергоснабжения районов с помощью дизельных двигателей и котельных на дорогом жидком топливе. По имеющимся данным, во многих северных и горных районах страны стоимость электроэнергии достигает 17–25 руб./кВтч, при которой энергоустановки на ВИЭ оказываются вполне конкурентоспособными.

Вопреки существующим представлениям о том, что Россия, расположенная преимущественно в средних и высоких широтах, не относится к «солнечным» регионам, недавние исследования [5], выполненные в ОИВТ РАН, показали, что многие районы страны характеризуются среднегодовыми дневными поступлениями солнечной радиации на уровне 4–5 кВтч/м² и выше, что соответствует регионам мира, в частности, большей части территории

Европы (рис. 5), где солнечные установки уже находят широкое применение.

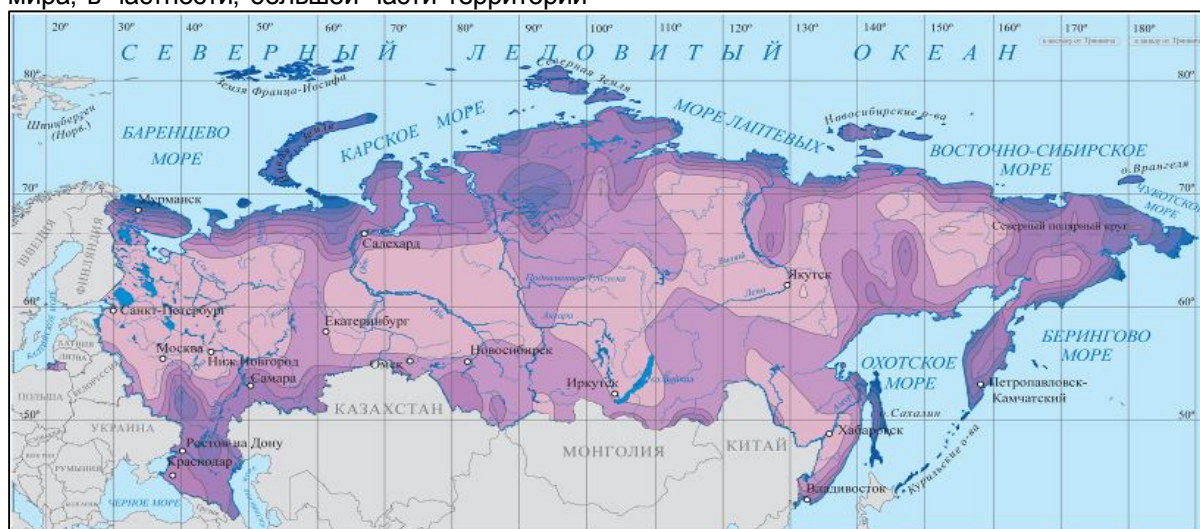
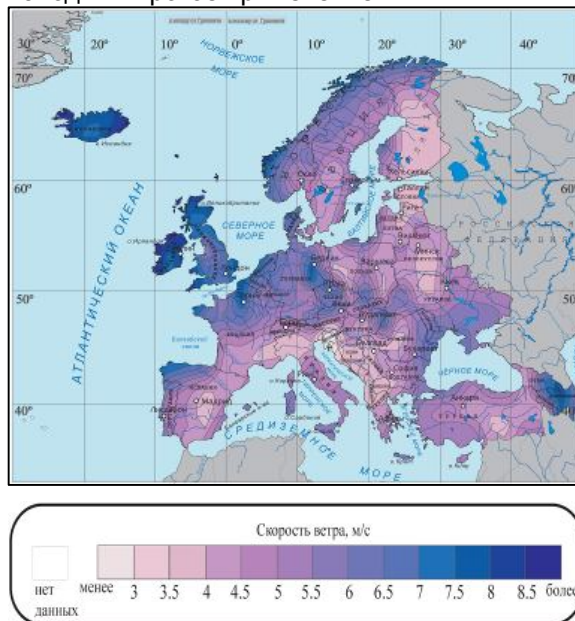


Рисунок 6 – Сравнение ветровых ресурсов в Европе и в России (среднегодовая скорость ветра на высоте 50 м) [6]

Учитывая географическое расположение большинства регионов России в средних и высоких широтах и связанную с этим существенную сезонную неравномерность поступления солнечной энергии (в зимний период приход солнечной радиации в 5–7 раз ниже, чем в летний), в ряде случаев использование фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии (ФЭП) оказывается эффективным лишь в оптимальной комбинации с ветроустановками или другими источниками энергии.

Наибольшие ветровые ресурсы в нашей стране сосредоточены на северных и восточных морских побережьях и на юге европейской

части (рис. 6). В средней полосе России интенсивность ветров относительно невелика. Важным обстоятельством является тот факт, что в отличие от поступления солнечной энергии интенсивность ветровых потоков в зимнее время на большинстве территорий выше, чем летом, и тем самым солнечные и ветровые установки удачно дополняют друг друга с точки зрения обеспечения сезонной стабильности выработки электроэнергии.

Выполненные в ОИВТ РАН технико-экономические исследования показателей комбинированных ветро-солнечных энергоустановок с различными аккумуляторами энергии [6–9] показали, что во многих районах

страны стоимость генерируемой ими электроэнергии может быть ниже 50 центов за 1 кВтч (менее 15 руб./кВт.ч) и они оказываются вполне конкурентоспособными с дизель-генераторами на привозном жидком топливе. Специальный интерес представляют автономные солнечные, ветровые и комбинированные системы электропитания объектов улично-дорожного освещения, сигнальных дорожных, речных и морских сигнальных устройств [10].

Большое практическое значение для многих регионов России могут иметь многофункциональные энерготехнологические комплексы (МЭК), предполагающие сочетание дизель-генераторов с ветроустановками и обеспечивающие наряду с выработкой электроэнергии и тепла производство моторных топлив. Такие энергокомплексы разрабатываются НПЦ «Малая энергетика» (Москва) в сотрудничестве с рядом других российских организаций [11].

Перспективным для многих потребителей в различных районах России направлением является использование солнечной энергии для горячего водоснабжения и сушки сельскохозяйственной продукции.

Исследования, выполненные в ОИВТ РАН, показывают [12-14], что солнечные водонагревательные установки могут эффективно использоваться на большей части территории России, по крайней мере, для сезонного (неотопительный период года) горячего водоснабжения различных потребителей, и являются вполне конкурентоспособными по отношению к электрическим водонагревателям и нагревателям на жидком топливе. При существующих в стране тарифах на электроэнергию такие установки окупаются в срок менее 7 лет, а в наиболее благоприятных регионах в течение 3–4 лет.

В российских условиях представляется весьма перспективным развитие производства топливных брикетов из древесных отходов, в первую очередь, непосредственно вблизи деревоперерабатывающих комбинатов с целью перевода действующих котельных на местное экологически чистое топливо. Организация такого производства содействовала бы также решению проблемы утилизации отходов этих предприятий (опилки, стружка и т. п.), которые в ряде случаевсыпаются в отвалы, нанося серьезный ущерб окружающей среде. В настоящее время число предприятий по переработке древесных отходов в России быстро растет, однако производимые ими топливные брикеты и так называемые пеллеты поставляются преимущественно в европейские страны. При объём-

ленном вводе компанией «Выборгская целлюлоза» с привлечением австрийских инвестиций крупнейшего в мире завода по производству пеллет вблизи г. Выборга мощностью до 900 тыс. т в год (125 т в час)¹ Россия имеет шанс занять лидирующее положение в мире с суммарными мощностями по производству пеллет около 2 млн т в год.

Перевод большого числа муниципальных котельных с угля и нефтепродуктов на древесное топливо из отходов и из низкосортной древесины имеет большие перспективы для многих регионов России, однако требует более тесного сотрудничества бизнеса с местными властями и ускоренного принятия соответствующих нормативно-правовых актов. Такие проекты сегодня реализуются в Краснодарском крае, Архангельской, Нижегородской и ряде других областей. Перевод котельных на древесные брикеты, безусловно, требует дополнительных затрат на реконструкцию топочных устройств, создание специфических складских помещений и т. п.

Другой перспективной, но не нашедшей пока широкого коммерческого применения технологией энергетического использования древесных отходов, является их газификация с получением топливного газа (синтез-газа), который может быть использован в качестве газообразного топлива в котельных и в энергоустановках без радикальной переделки их топочных устройств. Газификация биомассы осуществляется за счет ее частичного окисления в специальных устройствах. На выходе получают газообразную смесь, основу которой составляет CO, H₂ и, в случае использования в качестве окислителя воздуха, N₂.

Преимущества данной технологии по сравнению с технологией прямого сжигания биомассы заключаются в получении газообразного топлива, использование которого не требует существенной реконструкции имеющихся котельных. Полученный топливный газ может также использоваться и как топливо для газовых турбин и поршневых двигателей. Основные недостатки – дополнительные затраты на газогенерирующее оборудование, практическая невозможность (из-за высокой стоимости оборудования) аккумуляции газообразного топлива, нецелесообразность его транспортировки на большие расстояния из-за низкой теплотворной способности. То есть газогенерирующие установки должны быть жестко привязаны к потребителю газа и регулироваться с учетом существующих графиков нагрузок.

¹ Solar & Wind Energy 3/2010 p. 14.

Итак, несмотря на то, что Россия, безусловно, лучше, чем любая другая страна в мире, обеспечена собственными запасами традиционных топливно-энергетических ресурсов, развитие возобновляемых источников энергии является крайне важным стратегическим направлением будущей энергетики. Необходимость ускоренного развития ВИЭ в России уже сегодня обусловлено как потребностями в обеспечении энергетической безопасности регионов страны, где многие технологии использования ВИЭ достигли уровня конкурентоспособности, так и потребностями создания надежного задела в инновационном развитии энергетики страны для будущих поколений.

Если в автономной энергетике многие технологии использования ВИЭ уже сегодня могут быть вполне конкурентоспособными, то в централизованной энергетике, как правило, требуется реализация мер государственной экономической поддержки по аналогии с другими странами.

Ускоренное развитие ВИЭ в России необходимо рассматривать как важный фактор модернизации экономики, в том числе связанной с развитием инновационных производств, разработкой новых инновационных технологий, развитием малого и среднего бизнеса, созданием новых рабочих мест, улучшением социальных условий, улучшением экологии и т.п. Крайне важно при поддержке региональных властей создание сети демонстрационных объектов, наглядно показывающих преимущества использования ВИЭ и служащих центрами развития бизнеса в этом секторе энергетики.

Будущее ВИЭ во многом зависит и от привлечения в эту интересную и имеющую перспективы бурного развития область молодых специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 168 с.
2. Renewables Global Status Report – 2011 // 2011. http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf.
3. Томаров Г.В., Никольский А.И., Семенов В.Н., Шипков А.А. Развитие российских геотермальных

энергетических технологий // Теплоэнергетика, № 11, 2009, СС. 2-12.

4. Усачев И.Н. Использование энергии морских приливов // Энергетический вестник №2, 2008, СС. 45–50.

5. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. – М.: ОИВТ РАН, 2010. 84 С.

6. Попель О.С., Фрид С.Е., Шпильрайн Э.Э., Щеглов В.Н., Изосимов Д.Б., Туманов В.Л. Системы автономного энергоснабжения с использованием солнечной и/или ветровой энергии и водородных накопителей. // Теплоэнергетика № 3. 2006. С. 42-50.

7. О.С. Попель, С.Е. Фрид, Э.Э. Шпильрайн, Д.Б. Изосимов, В.Л. Туманов. Солнечные и ветровые автономные энергоустановки с водородным накопителем. // Перспективы энергетики, 2006, том 10, С. 77-90.

8. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Современные виды накопителей электрической энергии и их применение в автономной и централизованной энергетике // Теплоэнергетика №11, 2011, СС. 2-11.

9. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Сравнительный анализ систем длительного аккумулирования энергии для источников резервного и аварийного питания, а также энергоустановок на возобновляемых источниках энергии // Теплоэнергетика №11, 2012 (в печати).

10. Попель О.С., Тарасенко А.Б., Фрид С.Е. Анализ эффективности использования автономных фотоэлектрических систем наружного освещения в климатических условиях Москвы и юга России // Теплоэнергетика №11, 2012 (в печати).

11. И.Я. Редько. Многофункциональный энерготехнологический комплекс (МЭК) – основа энергоснабжения удаленных регионов РФ. <http://pt21.ru/docs/pdf/46.pdf>.

12. Коломиец Ю.Г., Попель О.С., Фрид С.Е. Эффективность использования солнечного излучения для нагрева воды на территории Российской Федерации // Альтернативная энергетика и экология. 2009. № 6. СС. 16-23.

13. Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Сушникова Е.В., Ямудер В.Ф. Эффективность и перспективы использования различных систем солнечного нагрева воды в климатических условиях Российской Федерации // Теплоэнергетика. 2011. №11. С. 26-31.

14. Коломиец Ю.Г., Попель О.С., Фрид С.Е., Сушникова Е.В. Сравнительная эффективность использования солнечных водонагревателей различных типов в климатических условиях Российской Федерации // Альтернативная энергетика и экология. 2011. № 12. С. 33-38.