

Экологические аспекты энергообеспечения северных территорий в контексте устойчивого развития

С.А. Борисов, Е.С. Мартемьянова

Биологический факультет МГТУ, кафедра биоэкологии

Аннотация. В статье рассмотрено использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) как наиболее экологичный вариант в структуре мировой энергетики. Представлены основные прогнозные параметры энергетики будущего. На примере Кольского Севера изучено состояние проблемы энергообеспечения северных территорий, потенциал и возможности вовлечения в хозяйственный оборот НВИЭ.

Abstract. The paper considers use of the non-traditional renewable energy sources as the most ecological alternative in the world economics. The main forecast parameters of the energy evolution have been shown. The problem of the energy provision of the North region, energy renewable sources involvement in economics have been studied on the example of the Murmansk region.

1. Введение

Обеспечение энергией играет ключевую роль в сценариях будущего, хотя решение этой проблемы не столь сложное, как регулирование роста народонаселения. Под энергетикой следует понимать не только отрасль "электроэнергетика", но и топливные отрасли, а также НВИЭ и атомную энергетику. В последние десятилетия проявился интерес к развитию энергетики на основе НВИЭ – солнца, ветра, земных недр, морских приливов, волн и течений, биомассы, малых водотоков. Активизация разработок по использованию НВИЭ была связана с нефтяным кризисом 1970-х годов, когда цены на нефть возросли вчетверо, и все страны должны были искать пути ее замены другими энергоносителями. С другой стороны, именно потребность в экологически чистых, климатически благоприятных видах топлива, а не только сокращение его запасов стоит за начавшейся реструктуризацией мировой энергетики. И это вызвано не в последнюю очередь ростом свидетельств того, что на Земле действительно происходит потепление климата, и причина его заключается в сжигании ископаемого топлива. Применение НВИЭ могло бы значительно снизить и ресурсную, и экологическую напряженность в мире.

2. Топливо-энергетический баланс (ТЭБ) мира и необходимость его экологизации

Современный человек не может существовать без потребления большого количества энергии. Исторический прогресс мирового сообщества был предопределен в первую очередь тем, что оно сумело использовать в практических целях ископаемые энергоносители: уголь, нефть и природный газ. В 1860-е годы примерно три четверти мирового потребления энергии покрывалось дровами и растительными ресурсами, почти четверть – углем. На долю нефти и газа приходилось около 1 %. В конце XIX века наступила "эра угля". В 1900 г. его доля в ТЭБ мира возросла до 57 %, доля нефти и газа составляла, соответственно, 2,3 % и 0,9 %. Прогресс в переработке нефти, изобретение способа сжигания мазута и двигателей внутреннего сгорания вызвали бурное развитие нефтедобывающей промышленности. Нефть и нефтепродукты обладают высокой теплотворной способностью. При сжигании 1 кг нефти выделяется столько же тепла, сколько при горении 1,3 кг антрацита или 3,1 кг бурого угля. А теплотворная способность ряда производных нефти еще выше, чем у самой нефти: у этана в 1,5 раза, пропана – в 2,2, бутана – в 2,9 раза (Мазур, 2003). Уже к 1980 г. нефть вышла на первое место (46 %), сменив "эру угля" (28 %). В начале XXI в. мир стоит на пороге "эры природного газа (этана)".

В 1973-74 гг. в результате многолетней борьбы 13-ти развивающихся добывающих стран, объединившихся в Организацию стран-экспортеров нефти (ОПЕК), и их победы над Международным нефтяным картелем произошло четырехкратное увеличение мировых цен на нефть. Это вызвало глубокий энергетический кризис. Чрезмерно высокие цены на нефть вынудили развитые государства внедрять нефтесберегающие технологии и искать пути ее замены другими энергоносителями.

Энергетический бюджет мира на сегодняшний день "полиэнергетический", так как для получения энергии используются разные источники (табл. 1). Доля ископаемых энергоносителей составляет около 85 %. Но они быстро истощаются: ежегодно в мире потребляется столько нефти, сколько ее образуется в природных условиях за два миллиона лет. Большинство же известных НВИЭ постоянны: солнечная, ветровая, гидроэнергия, энергия биомассы. За последнее десятилетие XX в. параметры энергетики изменились: среднегодовые приросты производства энергии из нефти и газа и на

ГЭС составили менее 2 %, атомной энергии, в связи с "чернобыльским синдромом" – 0,8 %, а потребление угля снижалось на 1 %. Углеродистые энергоносители не только исчерпаемы, но и "экологически грязные". Их использование загрязняет окружающую среду и нарастает по ряду: газ-нефть-уголь (табл. 2). В то же время производство энергии с использованием НВИЭ существенно возросло, особенно ветровой – на 25 % (Браун, 2003). Однако большинство "нетрадиционных источников" как раз традиционно: биологический метод использования солнечной энергии человек стал применять как только в его руках появился огонь; первые ветряные мельницы появились в Персии 1000 лет назад, получили распространение в Китае и по всему побережью Средиземного моря, в Северной Европе.

Таблица 1. Вклад различных энергетических ресурсов в мировую энергетику (*New Energy*, 2000)

Источник энергии	Вклад в энергетику, %	Среднегодовые темпы роста, %
Уголь	25,40	-1,0
Природный газ	23,74	2,1
Сырая нефть	37,15	1,0
Атомная энергия	6,37	0,8
Гидроэлектроэнергия	6,88	2,0
Остальные источники	0,46	
Энергия ветра		25,7
Солнечные фотоэлементы		20,0
Геотермальная энергия		4,0

Таблица 2. Выбросы в атмосферу отходов электростанций мощностью 1000 МВт, работающих на разных видах ископаемого топлива (*Экология*, 2003)

Топливо	Выбросы, т/год				
	Пыль	Угарный газ	Оксиды азота	Двуокись серы	Углеводороды
Уголь	3000	2000	27 000	110 000	400
Нефть	1200	700	25 000	37 000	470
Газ	500	-	20 000	20	34

По опубликованным данным, на долю нефти и газа в России приходится 65-75 % и более топливно-энергетических ресурсов. Интересны выводы, сделанные экономическим форумом в Санкт-Петербурге в 2000 г. "ТЭК: проблемы энергетической стратегии": на долю ТЭК приходится 30 % объема промышленного производства страны, 41 % техногенных аварий, 48 % выбросов в атмосферу, 42 % налоговых поступлений в бюджет, 46 % экспортных операций.

Мировой энергетический совет (МИРЭС), членами которого являются более 100 стран мира, занимается большим комплексом вопросов, связанных с перспективами глобального энергосбережения и энергопотребления, включая вопросы сохранения природной среды. Основной количественный вывод из его прогнозов состоит в том, что энергопотребление в мире в течение следующих 30 лет может почти удвоиться, причем 85 % этого роста будет приходиться на развивающиеся страны, в которых прирост населения составит 90 % общемирового. Основная часть растущих энергетических потребностей в XXI в. будет обеспечиваться за счет ископаемых топлив, что не может не вызвать обострения глобальных экологических проблем в связи с усилением загрязнения окружающей среды. После 2020 г., по данным МИРЭС, ожидается устойчивый рост использования НВИЭ, особенно солнечной энергии. Прогноз структуры энергетики неоднозначен. По центристскому сценарию прогнозируется сохранение "полиэнергетической" структуры с равным вкладом тепловой, атомной и НВИЭ. При этом будет снижаться доля энергии, получаемой за счет нефти, и увеличиваться роль ТЭЦ на угле. Однако это будет возможно только в том случае, если в угольной энергетике произойдет научно-техническая революция и будут разработаны экономичные способы подземной газификации угля, что резко снизит влияние на окружающую среду этого самого экологически грязного топлива. Научные разработки в этом направлении проводятся, особенно интенсивно в США. Они показывают, что повышение экологической чистоты угольной энергетике повысит стоимость получаемой энергии примерно в 3 раза. Созданы эффективные фильтры, улавливающие газообразные выбросы ТЭЦ, работающих на угле, но они также дороги и, кроме того, не решена проблема угольной золы, которая образуется на ТЭЦ в огромном количестве, к тому же она токсична и радиоактивна. МИРЭС не планирует повышения вклада угольной энергетике, так как его эксперты не уверены в том, что в ближайшие десятилетия удастся разработать экономически и экологически эффективные способы получения энергии из угля (*Экология*, 2003).

Общая позиция МИРЭС в отношении будущего энергетики может быть сформулирована в следующих постулатах:

- 1) Органическое топливо (нефть, газ, уголь) будет доминировать в ТЭБ в ближайшие 30 лет.
- 2) Умеренные темпы роста производства атомной энергии требуют немедленного решения вопроса повышения уровня безопасности АЭС и захоронения отходов.
- 3) Необходима техническая и экономическая разработка всех аспектов развития НВИЭ.
- 4) Необходимо исследовать связь роста потребления энергии с демографическими изменениями.
- 5) Необходимы государственные энергосберегающие программы для снижения энергоемкости.
- 6) МИРЭС должен разработать программу "Энергетические горизонты в мире с населением 9 млрд человек" (прогнозная численность населения к 2100 г.).

3. Перспективы развития нетрадиционной энергетики

Верхняя оценка плотности населения в обществе, использующем только возобновляемые энергоресурсы, составляет примерно 500 чел/км². Такая плотность, значительно превышающая плотность населения сельских районов, характерна для большинства небольших административных центров и промышленных городов. Таким образом, постоянный рост в энергетике доли возобновляемой энергии позволит избежать чрезмерной концентрации населения и образования новых мегаполисов. При разумном и экономном использовании имеющихся в настоящее время запасов топлива времени для разворачивания энергетики на НВИЭ вполне достаточно. Европейская директива по НВИЭ, которая возведена в статус закона для государств – членов Евросоюза (ЕС), демонстрирует, насколько заметно изменился подход к структуре энергетики будущего со стороны ведущих европейских держав (*Безруких, Безруких, 1998; Безрученко, 1998*). Директива призывает к развитию НВИЭ: уже к 2010 г. доля энергии, произведенной в странах ЕС на основе экологически чистого метода получения, составит около 12 % валовой выработки. В настоящее время мы используем только малую долю НВИЭ. По данным EUROBIONET, 11,8 % всей производимой в ЕС энергии вырабатывается из возобновляемых источников, а доля использования НВИЭ пока не превышает 6 %. Мировой технический потенциал НВИЭ представлен в табл. 3. НВИЭ распространены повсеместно, за исключением гидро- и геотермальных источников. Они экологически более чисты, не дают выбросов углекислого газа и тепловых загрязнений, не расходуют природных ископаемых. Однако НВИЭ имеют существенные недостатки: непостоянны во времени и маломощны на единицу площади. Поэтому требуется строить крупные улавливатели энергии, что приводит к высокой материалоемкости электростанций, повышает стоимость электроэнергии и снижает ее конкурентоспособность. Например, солнечная электростанция (СЭС) мощностью в несколько десятков кВт может стоить до 1 млн \$, но ее выработка энергии составляет в сутки на несколько сот \$, в год – несколько десятков тыс. \$, а еще расходы на обслуживание, налоги и т.д. Также нельзя привязать время поступления энергии к графику ее потребления. Одним из способов решения этой проблемы могло быть использование аккумуляторов, однако производство металлов для них является экологически грязным и недешевым. Крупные энергосистемы способны абсорбировать перепады в производстве электроэнергии за счет других типов электростанций, но в этом случае, по оценкам экспертов, доля нетрадиционной энергии не должна превышать 10-15 % от совокупной мощности. По мнению специалистов компании Navigant Consulting, в ближайшее время рост потребления НВИЭ составит 9,2 % в год по сравнению с 2,4 % от традиционной энергетики. Несмотря на незначительную общую долю, это будет самый быстрорастущий сегмент энергетического рынка (*Браун, 2003*). Второй Всемирный конгресс ветроэнергетики прошел в ЮАР в конце 2003 г., собрал 350 делегатов из 120 стран. Очередные конгрессы прошли в Китае – 2004 г., в Австралии – 2005 г., в Индии – 2006 г.

Таблица 3. Мировой технический потенциал НВИЭ (млрд т условного топлива/ год)

Источник	Тех. потенциал	Источник	Тех. потенциал
Биомасса	5,6	Термическая энергия моря	0,9
Ветровая энергия	2,8	Энергия приливов	0,04
Гидроэнергия	2,8	Солнечные коллекторы	2,0
Геотермальная энергия	1,9	Гелиостанции	4,3
		Всего	20,3

Гидроэнергия является одним из возобновляемых источников энергии. В настоящее время практически все крупные реки России, Северной Америки, Европы, Японии освоены, и до 80 % энергии в стране производится с помощью ГЭС. Программы строительства малых ГЭС приняты в ряде регионов России, так как с малыми реками связано до трети энергетического потенциала ее водных ресурсов. Вклад гидроэнергетики может возрасти не столько за счет хорошо разработанных приливных электростанций (ПЭС) и станций на малых реках (малая гидроэнергетика), сколько за счет электростанций, использующих энергию океанических волн и течений. Их потенциальная мощность

превышает энергию рек на порядки. Сдерживает их широкое применение отсутствие дешевых технологий, с помощью которых можно транспортировать выработанную энергию на сушу.

Солнечная энергия. Энергия солнца, ежегодно попадающая на поверхность Земли в виде солнечного излучения, в 15 тысяч раз превышает ежегодное мировое потребление энергии. Когда о ней говорят в узком смысле, то имеют в виду прямое использование в солнечных элементах для производства электроэнергии, в гелиоэлектростанциях для производства высокотемпературного тепла и электроэнергии, в солнечных коллекторах и пассивной солнечной архитектуре для производства низкотемпературного тепла. Различают солнечные тепловые электростанции (СТЭС) и фотоэлектрические преобразователи (ФЭП).

Технически наиболее доступный путь использования солнечной энергии – комбинированные солнечно-топливные электростанции (СТЭС), они позволяют резко увеличить годовое число часов работы солнечной электростанции и обеспечить эффективную работу в переменном графике нагрузок с помощью современных солнечных коллекторов с КПД 40 %. Модульные солнечные энергетические установки с плоскими коллекторами находят применение для теплоснабжения автономных потребителей. СТЭС представляют собой сложные промышленные установки, пригодны лишь для регионов с большим количеством солнечных дней.

ФЭП, открытые в 1952 г., – это один из самых новых вариантов гелиоэнергетики. Вначале их энергия была очень дорогой и использовалась для обеспечения энергией спутников и в микрокалькуляторах. На ФЭП падающая солнечная энергия с помощью солнечных элементов превращается в электрический ток с КПД 10-15 %. Мировой рекорд КПД солнечных батарей (30 %) был установлен в США в "Кремниевой долине" – крупнейшем научно-производственном комплексе мира. По мере снижения себестоимости ФЭП стали широко применяться как источники энергии для отдаленных населенных пунктов. Простота обслуживания, малая масса, высокая надежность обеспечивает им широкую популярность у децентрализованных потребителей, несмотря на высокую стоимость элементов. В Японии даже создан фотогальванический кровельный материал. В "большую тройку" производителей ФЭП входят Япония, США и Евросоюз.

КПД СЭС довольно низкий, однако и он имеет все шансы существенно вырасти за счет технологических усовершенствований. В частности, активно разрабатываются планы выхода в космос и передачи солнечной энергии по высокочастотному лучу. Во всех СЭС используются стеклянные концентраторы в форме параболических цилиндров высотой до 100 м и апертурой около 6 м. Ресурс работы этих концентраторов составляет 30 лет. Если бы Россия располагала подобными системами концентрации излучения, можно было бы за счет СЭС полностью обеспечить энергией южные районы страны. Недостатком СЭС являются лишь очень большие затраты металла на их сооружение: в пересчете на единицу производимой энергии они в 10-12 раз выше, чем при производстве энергии на ТЭС или АЭС. Затраты цемента при этом еще выше – в 50-70 раз. СЭС занимают большие площади, и потому их строительство перспективно только в пустынях. Так, к югу от Лос-Анджелеса построена СЭС мощностью 80 МВт, причем затраты на ее строительство быстро окупались. Получаемая на ней энергия на треть дешевле, чем энергия, вырабатываемая на АЭС. Строительство СЭС экономически рентабельно в том случае, если число часов солнечного сияния не ниже 2000 в год, а интенсивность ее поступления составляет 600-800 Вт/м². Поэтому в России строительство СЭС возможно лишь в некоторых южных районах и в Восточной Сибири.

Использование гелиоэнергетики сдерживается отсутствием рентабельной технологии получения химически чистого кремния, который стоит столько же, сколько и уран для АЭС. Однако работы по снижению его цены ведутся, особенно активно в Германии и Норвегии. Поскольку 1 кг кремния в солнечном элементе вырабатывает за 30 лет 300 тыс. кВт·час электроэнергии, он эквивалентен 74 т нефти, так что прорыв в технологии получения кремния способен существенно повысить вклад солнечной энергии в энергетический бюджет мира. Тем временем суммарная мощность ФЭП, производимых в мире, возросла от 80 МВт в 1995 г. до 260 МВт в 2000 г. и к 2010 г. прогнозируется до 1700 МВт.

Ветроэнергетика среди всех НВИЭ показывает самые высокие темпы прироста и считается наиболее привлекательным сектором в энергетике для краткосрочных инвестиций. За последние 5 лет объем использования энергии ветра в мире вырос вчетверо, что сопоставимо лишь с темпами развития компьютерной индустрии. В США, где в начале 80-х годов зародилась современная ветроэнергетика, наблюдается слияние и взаимоусиление четырех тенденций, что в перспективе ведет к росту потребления энергии ветра. Первая тенденция – быстрое снижение стоимости производства энергии с помощью ветра; вторая – растущее осознание того, что ресурсы энергии ветра во всем мире огромны; в третьих, по мере того, как фермеры начинают понимать, что права на использование энергии ветра на территории США принадлежат в основном им, складывается сельскохозяйственное лобби в поддержку

ветроэнергетики, сливающееся с экологическим лобби. Четвертая тенденция, ускоряющая развитие ветроэнергетики, это ужесточение требований к коммунальным компаниям о предоставлении клиентам возможности потребления "зеленой электроэнергии". Слияние этих четырех тенденций создает ситуацию, в которой ветроэнергетика может стать одним из главных источников электроэнергии в США. В качестве примера того, как субсидии могут сыграть стратегическую роль в охране окружающей среды, можно привести использование налоговых вычетов в ветроэнергетике два десятилетия назад. Вскоре после энергетического кризиса 1970-х гг. власти США создали систему налоговых стимулов для лиц, инвестирующих средства в развитие индустрии НВИЭ. Одновременно в Калифорнии была принята программа устойчивого налогового стимулирования развития ветроэнергетики. Совместно эти две программы привели к притоку значительных инвестиций в ветроэнергетику и к созданию новой индустрии, использующей передовые технологии для преобразования энергии ветра в электричество. Когда налоговое стимулирование в рамках этих двух программ прекратилось, развитие ветроэнергетики в США почти остановилось. Это подтолкнуло европейцев к инвестированию в эту отрасль, в том числе в производство ВЭУ. Датчане, которые также приняли систему субсидирования ветроэнергетики, продолжали развивать ее технологию и расширять производственные мощности. В итоге Дания является сегодня мировым лидером в выработке ветровой энергии на душу населения и в производстве ВЭУ. Шестьдесят процентов всех ветряных турбин, установленных в 2000 г., было произведено датскими компаниями либо по их лицензии. Это наглядный пример того, как благодаря приверженности делу охраны окружающей среды страна может занять доминирующую позицию в быстро растущей области экоэкономики. В последние несколько лет новые налоговые льготы на развитие ветроэнергетики в США стимулировали значительные инвестиции в разработку более эффективных ВЭУ (табл. 4, 5). В результате были резко снижены затраты на выработку электроэнергии из данного источника, что привело к 24 % ежегодному мировому росту мощностей ветроэнергетики в период с 1990 по 2000 гг. и к их прогнозируемому росту до 60 % в дальнейшем.

Таким образом, повышение цен на нефть повлекло более эффективное использование энергии и разработку НВИЭ. Ветровая энергетика – одна из отраслей новой экоэкономики. Во многих странах энергии ветра хватит на то, чтобы производить и электричество, и водород, которые вместе взятые смогут удовлетворить все энергетические потребности современного общества. Появятся три новые промышленные подотрасли, связанные с энергией ветра: производство ветряных турбин, их установка и техническое обслуживание. Прочное положение, которое занимает производство ветряных турбин, стало очевидным в 2000-2001 гг., когда акции компаний, занимающихся высокими технологиями, во всем мире падали, в то время как продажи ветряных турбин продолжали расти. В течение следующих десятилетий в этом секторе экономики также ожидается рост производства, так как постоянно увеличиваются энергетические налоги за выбросы углерода, а с другой стороны, в большинстве стран мира установлено льготное налогообложение для перехода на использование энергии из НВИЭ.

Таблица 4. Налоговые стимулы, поощряющие использование энергии НВИЭ (Браун, 2003)

Страна	Налоговый стимул	Закупочная цена
Австрия	Налоговая скидка для производителей фотоэлектрических элементов	Надбавки в некоторых районах
Дания	15%-ый кредит на ВЭУ; льготы в размере 4,2 цента за 1 кВт·ч; скидки с налогов на энергию, CO ₂ , НДС	85 % от розничной цены за энергию, произведенную на ВЭУ
Франция	Налоговые скидки при использовании фотоэлектрических элементов и ВЭУ	Надбавки 4,8 цент/ кВт·ч энергии, произведенной на ВЭУ
Германия	50-67%-ый кредит для приобретения фотоэлектрических элементов	65-90 % розничной цены за энергию ФЭП и ВЭУ (10 цент/кВт·ч)
Япония	50-67%-ый кредит для приобретения фотоэлектрических элементов	100 % розничной цены за энергию ФЭП и ВЭУ (18 цент/ кВт·ч)
Голландия	Льготы в размере 8 цент/кВт·ч энергии, полученной ВЭУ; уменьшение энергетического налога на 11,5 %; налоговое освобождение на CO ₂ и для инвесторов в экофонд	Нет
Швеция	35%-ый кредит для приобретения ВЭУ; льготы в размере 1,2 цента за 1 кВт·ч энергии, полученной на ВЭУ	Нет
США	Льготы в размере 1,5 цента за 1 кВт·ч энергии, полученной на ВЭУ и биотехнологических установках; 1,4 цента за 1 кВт·ч энергии, полученной на аналогичных установках с "замкнутым циклом"; 10%-ая скидка на инвестиции для фотоэлектрических элементов, геотермальных установок; льготы по ускоренной амортизации на федеральном и местном уровнях	Нет

Таблица 5. Примеры отдельных систем экологического налогообложения (Браун, 2003)

Меры политики, страна, год введения	Описание, результаты
Налоги на токсичные отходы, Германия, 1991	Производство токсичных отходов снизилось за 3 года более чем на 15 %
Налоги на загрязнение воды, Нидерланды, 1970	Налоги – главный фактор сокращения на 72-99 % промышленных выбросов тяжелых металлов в воды, контролируемые регионами
Налог на выбросы оксидов серы, Швеция, 1991	Треть 40%-го сокращения выбросов в течение 1989-1995 гг. – за счет введения налога
Налог на вещества, разрушающие озоновый слой, США, 1990	Сокращение и принудительное постепенное прекращение производства
Налог на выбросы диоксида углерода, Норвегия, 1991	Выбросы на 3-4 % меньше, чем они были бы в отсутствие налога

Таблица 6. Генерирующие мощности ветроэнергетики в лидирующих странах, 2000 г.

Страна	Германия	США	Испания	Дания	Индия
Объем мощностей (МВт)	6,113	2,554	2,250	2,140	1,167

Рост потребления солнечной и ветровой энергии самый высокий среди всех НВИЭ, что обусловлено резким снижением их себестоимости. Так, стоимость энергии ВЭУ вплотную приблизилась к стоимости традиционной энергетики – до 3-4 центов за кВт (рис. 1).

Когда станет очевидно, что энергия ветра – это дешевый и перспективный источник энергии, возникнет еще одна отрасль – производство водорода. После увеличения числа ВЭУ (табл. 6) появится огромный неиспользуемый энергетический резерв, поскольку по ночам потребление электроэнергии падает. Этот резерв владельцы ВЭУ смогут использовать, запуская генераторы водорода, который подходит для двигателей на топливных элементах. Дешевое электричество, полученное от энергии ветра, можно использовать для электролиза, в процессе которого молекула воды расщепляется на составляющие элементы – водород и кислород. Водород – самый простой вид топлива; в отличие от нефти и угля, он не содержит углерода. Он используется в новом, высокоэкономичном двигателе на топливных элементах, над которым сейчас работают все ведущие компании – производители автомобилей. Излишки ветра могут храниться в виде водорода и использоваться в топливных элементах или газовых турбинах для производства электричества в те периоды, когда ветра недостаточно.

С другой стороны, по современной теории строения Земли, наша планета имеет не железное ядро, как считалось ранее, а металлогидридное, состоящее не столько из железа, сколько из легких металлов (магний, кремний), насыщенных водородом. Есть несколько мест на планете, где глубинные металлогидридные слои залегают на глубинах 4-5 км, до которых легко добуриться. Но не ради металла, а ради чистого водорода. Дело в том, что химическая реакция кремния и магния с водой приводит к бурному выделению газообразного водорода. И если через одну скважину в металлогидридные слои подавать воду, из других скважин можно будет получать чистый водород. Водород недаром называют топливом будущего – он очень экологичен: при сжигании водорода в топке электростанции или в двигателе внутреннего сгорания образуется дистиллированная вода. Не зря сейчас весь мир бредит водородным автомобилем. Водорода в металлогидридных слоях планеты хватит на сотни тысяч лет. А нефть будут использовать только в нефтехимической промышленности, тогда ее хватит на сотни лет (Браун, 2003).

В начале 90-х гг. Германия утвердила Закон об электроснабжении. Он гарантировал владельцам ВЭУ, что электроэнергетические концерны будут закупать у них электричество по достаточно высоким ценам. А с 2000 г. вступил в силу Закон о возобновляемых источниках энергии, который благоприятствовал развитию производства всех видов НВИЭ. С помощью ВЭУ Германия надеется выполнить обязательства по Киотскому протоколу и до 2012 г. сократить выбросы CO₂ на 21 % по сравнению с 1990 г. За 20 лет стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, полученной с помощью ВЭУ, также



Рис. 1. Динамика стоимости электроэнергии в США (Мартемьянова, 2001)

снизилась, с 0,4 до 0,05 \$ и вплотную приблизилась к стоимости электричества, добываемого за счет сжигания нефти, газа, угля и использования ядерной энергии (*Состояние...*, 2001). Стоимость самих ВЭУ сегодня составляет около 1 \$/Вт, что сопоставимо с удельной стоимостью АЭС. По этому показателю ВЭУ уступает пока лишь ТЭС на природном газе (0,6 \$/Вт). И перед ядерной у ветровой энергетики большое преимущество: нет проблем, связанных с хранением и переработкой ОЯТ.

Благодаря новейшим достижениям электроники, химии, электротехники, металлургии удалось снизить не только цену выработанной ветроэлектроэнергии и стоимость ВЭУ, но и повысить коэффициент использования установленной мощности (КПД). Наибольшее количество современных ВЭУ, подключенных к энергосистеме, работает с КПД от 25 до 35 %. В ЕС для объектов ветроэнергетики введены следующие льготы: освобождение от налогов на прибыль на протяжении первых пяти лет после сооружения; разрешение на 100 % списание стоимости ВЭУ через один год эксплуатации; освобождение от налогов с продаж; беспошлинный ввоз частей для производства ВЭУ и запчастей к ним; гарантированная стоимость продажи энергии, выработанной ВЭУ в размере 0,07-0,08 \$/кВт.ч. В Дании, Нидерландах, Великобритании, Испании освоили серийное производство ВЭУ МВт-класса, которые весьма совершенны с точки зрения аэродинамики: КПД достигает 0,48 при теоретическом максимуме 0,59. Дальнейшее наращивание производства электроэнергии с единицы площади можно достичь только за счет использования более высоких скоростей ветра, поэтому в прибрежных районах ВЭУ шагнули в море, а в континентальных районах поднялись на высоту 50-80 м и более. Повышается и надежность ВЭУ: датские и немецкие фирмы выпускают ВЭУ с гарантией 2 года, японская фирма "Мицубиси" – 10 лет. Срок службы современных ВЭУ оценивается в 20 лет. Технология производства ВЭУ экономически эффективна, срок окупаемости затрат меньше шести месяцев. В Германии экономический анализ показал, что за 20 лет эксплуатации ВЭУ произведет, в зависимости от ветровых условий, в 3,7-33,3 раза больше энергии, чем затрачено на ее создание. По отчуждению земель ВЭУ также экономичны, так как располагаются на землях, не пригодных для других целей.

В настоящее время ветроэнергетика ряда европейских стран (Нидерландов, Германии и Дании) достигла такого уровня развития, что начинается широкое освоение мелководья прибрежных акваторий моря, где в силу высокой степени открытости ВЭУ и отсутствия затеняющих элементов потенциал энергии ветра больше. Это оправдывает повышенные затраты на сооружение ВЭУ, и технология сооружения морских ВЭУ в настоящее время активно осваивается.

Британское правительство планирует увеличить производство энергии с помощью НВИЭ к 2010 г. до 10 %. Ни одна другая страна Европы не ставит более амбициозной задачи, так как запасы нефти и газа в Северном море уменьшаются, и многие компании встали перед необходимостью диверсифицировать свой бизнес. Турбина, которую они планируют построить, будет находиться примерно в 10 м от моря и испытает на себе туман, резкие изменения погоды, брызги, соль и силу морского ветра.

Успехи России в использовании НВИЭ более чем скромные (*Дьяков, Перминов, 1996; Безрученко, 1998*), но планируется наращивание мощностей большинства НВИЭ (табл. 7). В Энергетической программе России поставлена задача увеличить масштабы использования НВИЭ. Создается материально-техническая база для широкого использования солнечной, ветровой, геотермальной, приливной энергии, которые в дальнейшем будут активно вовлекаться в энергетический баланс страны. Разработаны и запущены в серийное производство эффективные и надежные конструкции ВЭУ (*Информнаука, 2003*). Федеральный закон "Об электроэнергетике" не запрещает потребителю строить собственные источники энергии – хоть ветряк, хоть водяную мельницу. Но до сих пор не проработан целый ряд вопросов. По существу производитель энергии поставлен вне рынка. Он не имеет права подключиться к общим сетям и, как следствие, лишен возможности продавать государству (а значит, и другим потребителям) излишки своей энергии. А в цивилизованных странах это давно общепринятая практика.

Таблица 7. Объемы замещения органического топлива (млн т. условного топлива) в России по видам НВИЭ (*О реформировании...*, 2001; *О федеральной...*, 2001)

Ресурсы	1993 г.	1994 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г. (прогноз)
Малая энергетика	0,7	0,8	1,2	1,5	2,0	3,0
Геотермальная энергия	0,3	0,4	0,7	1,0	2,0	5,0
Энергия биомассы	0,3	1,0	1,4	1,7	2,4	4,8
Энергия ветра	0,01	0,08	0,3	1,0	1,5	3,0
Солнечная энергия	0,0015	0,0015	0,15	2,9	6,2	7,5
Низкопотенциальное тепло	0,055	0,073	0,2	0,9	2,5	4,9
Итого	1,37	2,35	3,95	9,0	16,6	28,2

Еще одним НВИЭ является энергия биомассы, под которой понимается большое количество различных технологий и типов используемых веществ: древесина, отходы бытовые и сельскохозяйственных культур, спирт из сахарного тростника, картофеля и кукурузы, пальмовое или рапсовое масло, животные отходы, морские растения и т.д. Здесь прослеживаются два основных направления выработки энергии. С одной стороны, организуются специальные сельскохозяйственные производства энергетической направленности, с другой – все больше используются отходы других производств. Наиболее важными примерами первого направления является программа ЕС по использованию рапсового масла в качестве моторного топлива, бразильские и американские программы по использованию спирта из сахарного тростника и кукурузы, выращивание тополей и эвкалиптов для древесины, а также успехи биогазовой промышленности в Китае. Второе направление представлено сжиганием городских отходов и древесной стружки, переработкой навоза животных (*Конфедерация...*, 2005). Рост отходов на планете гарантирует перспективность этого направления нетрадиционной энергетики.

В России использование биомассы происходит, прежде всего, за счет древесины. В настоящее время КПД использования древесины в производстве жидких видов топлива, преимущественно спирта, доходит до 80 %. Урожайность наиболее быстрорастущих и генетически измененных деревьев (тополей – в средней полосе и эвкалиптов – в южных широтах) составляет свыше 40 т/га сухой биомассы, и вырастать эти деревья могут на 3 м в год, что на порядки превышает урожайность культурных растений. Наибольшее распространение биотопливо получило в скандинавских странах. Это направление важно не только в смысле охраны природы, но и выгодно экономически.

Особо следует отметить геотермальную энергетику. Ее будущее – в использовании небольших градиентов температуры при продвижении вглубь Земли и выкачивание тепловой энергии с помощью насосов. При таких технологиях этот источник энергии может стать повсеместным. Даже под Санкт-Петербургом найден геотермальный источник.

В завершение обсуждения перспектив развития НВИЭ оценим данные о площадях, необходимых для размещения электростанций, работающих на разных энергоносителях (табл. 8). Широко распространено мнение о ГЭС, как о самых рентабельных станциях по сравнению с ТЭС и АЭС. Между тем при строительстве и эксплуатации ГЭС никогда не учитывалась цена тысяч гектаров затопленных земель, оценка которых составляет значительную часть суммы затрат на их строительство. Поэтому при проектировании новых ГЭС может оказаться более эффективным создание многоплотинных схем, защитных дамб, обвалование водохранилищ для уменьшения затопленных площадей.

Таблица 8. Площади отчуждаемых земель, необходимые для производства 1 МВт электроэнергии в год на электростанциях разного типа (*Мартельянова, 2000*)

Тип станций	АЭС	ТЭС на жидком топливе	ТЭС на природном газе	ТЭС на угле	ГЭС	СЭС	ВЭУ
Площадь, га	6,3	8,7	15	24	2650	1000	1700

5. Энергосбережение

Суммарные мировые запасы нефти составляют свыше 140 млрд т. Большая их часть сосредоточена на Ближнем и Среднем Востоке (свыше 65 %). На Северную Америку приходится 6 %, Южную и Центральную – 9 %, Европу, включая Россию, – 6,5 %, Африку – 7 %, Азию – 6,5 %. В структуре мировых достоверных запасов нефти наибольшая часть принадлежит странам-членам ОПЕК (почти 80 %), в то время как Россия имеет около 4,5 %, а ближайший ее сосед – Норвегия – около 1 %. Ежегодный прирост запасов нефти в мире (за счет вновь открываемых месторождений) составляет 0,8 % от мировых запасов, а ежегодный расход – 2 % (*Состояние...*, 2001). У каждой страны свои ресурсы и свои потребности. Россия, занимая восьмое место в мире по запасам нефти, по уровню добычи находится на третьем, уступая лишь Саудовской Аравии и США. Положение России по объемам продаж минерального сырья следующее: каменного угля продаем 22 % от добытого, природного газа – 32 %, нефти и нефтепродуктов – 47 %. В то же время на мировом рынке готовой продукции доля России составляет около 1 %. Таким образом, ресурсы мы не используем, а продаем, и эффект от их наличия в стране в два-три раза ниже, чем в промышленно развитых странах. Если учесть длительность периода созревания нефти в недрах, то очевидно, что опасность для России остаться без собственного углеводородного сырья существует, и поэтому ей необходимо определиться по национальной нефтегазовой стратегии в отношении национального богатства, принадлежащего не только нынешнему, но и будущим поколениям россиян. Последнее будет отвечать требованиям устойчивого развития (УР) страны.

Экономика может быть экологически устойчивой только тогда, когда она подчиняется общим принципам устойчивости. В устойчивой экономике улов рыбы не превышает воспроизводственные

возможности промысловых зон, количество выкачанной из-под земли воды не превышает восстановления запасов подземных вод, эрозия почв не превышает естественных темпов почвообразования, вырубка лесов не превосходит посадку новых, а выбросы соединений углерода в атмосферу не превышают способность биосферы связывать углекислый газ. Устойчивая экономика не уничтожает виды растений и животных быстрее, чем создаются новые. Это экономика, базирующаяся на постоянном повторном использовании материалов и возобновляемых источников энергии. Необходимо объяснять руководителям российской нефтегазовой промышленности рыночную ценность понятия "экологическая устойчивость", а также экономические преимущества экологически чистого производства. Достичь этого можно только путем популяризации опыта развитых, экологически ориентированных нефтегазовых отраслей таких стран, как Норвегия, Великобритания и Нидерланды.

Большую роль в энергетической политике общества УР будет играть энергосбережение. Данные табл. 9 свидетельствуют, что ресурсы энергосбережения особенно велики в России, где на единицу ВВП затрачивается энергии в 2-3 раза больше, чем в развитых странах. Однако следуют учитывать, что в России значительное количество энергии затрачивается на компенсацию холодного климата. Необходимо также увеличить глубину переработки нефти на российских нефтеперерабатывающих заводах. Сегодня она не превышает 62 %, в то время как мировой уровень составляет 85-90 %. Выход светлых нефтепродуктов из тонны нефти в России около 53 %, в мире – более 90 %. В XIX в. Д.И. Менделеев писал: "Нефть – не топливо, можно топить и ассигнациями". Тем не менее, и в XX в. основная часть добываемой нефти использовалась как энергоноситель, а не как важнейшее химическое сырье, из которого можно получить более трех тысяч видов ценных продуктов. Необходимость ограничения использования нефти как топлива выдвигает в качестве важнейшего направления сырьевой стратегии XXI в. проблему рационального, комплексного и экономного использования энергоносителей. Затраты, необходимые для экономии 1 т топлива, в несколько раз меньше затрат на добычу того же количества нефти. И это не только экономическая, но и экологическая проблема – меньше добыча и сжигание топлива, меньше загрязнение природной среды. После Второй мировой войны энергетическая эффективность добычи нефти составляла 1:50, т.е. затрачивая 1 кг нефти, добывалось 50 кг. В середине 80-х энергетическая эффективность упала до 1:8, а с учетом доставки – до 1:5. Скоро количество энергии, которое надо потребить, чтобы добыть баррель нефти, сравняется с количеством энергии, которое содержится в этом барреле нефти, т.е. "легкую" нефть мы уже взяли.

Таблица 9. Показатели энергоёмкости производств и эффективности использования энергетических ресурсов в некоторых странах мира (Бобылев, Ходжаев, 1997)

Страна	Энергоёмкость (т нефтяного эквивалента на 100 \$ ВВП)	Эффективность (петаджоули/млрд \$ ВВП)	Россия, раз
Япония	0,17	5,5	10,9
Великобритания	0,20	10,0	6,0
Германия	0,21	8,1	6,8
Франция	0,21		
Норвегия	0,22		
США	0,28	15,2	4,0
Канада	0,36		
Ю.Корея		14,8	4,1
Бразилия		18,8	3,2
Индия		38,0	1,6
Россия	0,61	60,1	1,0

6. Особенности энергообеспечения северных территорий России

В целях достижения надежного энергообеспечения районов Крайнего Севера и приравненных к ним территорий за счет использования НВИЭ и местных видов топлива Правительство РФ приняло соответствующую программу (*О федеральной...*, 1997).

Энергетика Мурманской области базируется на гидроэнергетических ресурсах, использовании привозного топлива для ТЭЦ и котельных, а также Кольской АЭС. В то же время регион располагает широким набором НВИЭ (энергии ветра, солнца, малых рек, морских приливов и волн и др.), которые в определенных условиях могут составить конкуренцию традиционным источникам энергии или выгодно дополнить последние, принося ощутимый экономический эффект (*Минин, Дмитриев, 2002; Борисов, 2005а,б*). В энергетическом хозяйстве северных территорий выделяют 3 уровня. Использование наиболее эффективной и нетранспортабельной части энергоисточников позволяет получать значительное количество электроэнергии и вести снабжение ею староосвоенных (южных) районов и даже продавать в

другие страны. Эта часть энергетики составляет ее макроуровень. Энергообеспечение производственных комплексов, городов Севера ведется объектами, образующими мезоуровень энергетики. Сосредоточение значительных энергетических мощностей на макро- и мезоуровнях позволяет проводить кольцевание существующих здесь электрических сетей, создавать единые энергетические энергосистемы. Это способствует подъему общего уровня эффективности их функционирования.

Значительная часть зоны Севера характеризуется крайне малыми объемами и низкой плотностью хозяйственной деятельности. Здесь получили развитие традиционные промыслы коренного населения, возникло большое количество природоохранных объектов. Обслуживающие их мелкие, рассредоточенные по территории населенные пункты потребляют небольшое количество энергии и тем самым не способствуют формированию мощной централизованной энергетики. Поэтому основным видом энергоисточников здесь являются малые дизельные электростанции (ДЭС). Недостаточное развитие перерабатывающих производств заставляет их ориентироваться на использование исключительно привозного топлива. В таких условиях стоимостные показатели получаемой энергии могут сильно возрастать. Эта часть энергетики зоны Севера составляет ее микроуровень (Мартемьянова, 1999).

Низкая эффективность микроуровня энергетики способствует возможной замене ДЭС на энергетические установки НВИЭ. Их использование становится особенно актуальным в современной концепции развития региона в рамках ФЦП "Энергоэффективная экономика", раздел "Эффективное энергообеспечение регионов, в том числе северных и приравненных к ним территорий, на основе использования НВИЭ и местных видов топлива" (О федеральной..., 2001).

Экологические аспекты энергообеспечения северных территорий можно объединить в четыре основные проблемы:

- преобладание в экономике региона энергоемких производств;
- высокие энергозатраты в связи с холодным климатом и продолжительным отопительным сезоном;
- конструкционные особенности зданий и сооружений, не отвечающие требованиям климата Севера;
- недостаточное использование местного природно-ресурсного потенциала, зависимость выработки тепловой и электроэнергии для городов и населенных пунктов от привозного топлива.

Почти половина ТЭР в мире расходуется на нужды строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Из них основное количество первичной энергии идет на создание и поддержание комфортных условий в помещениях. Так, на обеспечение комфортного микроклимата расходуется энергии: в США и Германии – свыше 38 %, в Нидерландах – 39 %, Канаде – 40 %, в Ирландии – 46 %, в Великобритании от 30 до 50 %, в Дании – свыше 50 %. В Мурманской области теплотребление на 1 м² жилой площади с юга на север региона увеличивается от 0,38 Гкал/м², год в Кандалакше до 0,71 Гкал/м² в г. Полярный (для сравнения: в Швеции и Финляндии – 0,137; Дании – 0,155; Германии – 0,224). Поэтому одной из важнейших задач энергосбережения в регионе является сокращение теплопотерь зданий.

Реализация программы по использованию местных видов ТЭР и НВИЭ в регионе пока существует в виде отдельных примеров. Так, в Мурманске для энергоснабжения гостиницы "Огни Мурманска" эксплуатируется датская ВЭУ мощностью 250 кВт. ВЭУ меньшей мощности установлены в юго-восточной части Кольского полуострова. Начался очередной этап реализации четырехстороннего соглашения между Мурманской областью и норвежской фирмой "Варангеркрафт" по строительству пилотного ветропарка мощностью 100 МВт в регионе с объемом затрат на строительство в 150 млн евро. При поддержке Правительства Норвегии в 1996-2003 гг. реализован проект по замене радиоизотопных термоэлектрических генераторов (РИТЭГов) российских световых маяков, использующихся Гидрографической службой Северного флота, на солнечные батареи. Оценка ресурсов НВИЭ региона показывает, что потенциальные ресурсы солнечной энергии самые большие (табл. 10). Однако в северных широтах в условиях полярной ночи и активной циклонической деятельности число дней с ясной солнечной погодой сравнительно невелико. Поэтому технические ресурсы энергии солнца в 10 раз меньше потенциальных. Наиболее реальным представляется использование энергии ветра, малых рек, морских приливов. Техническое требование высокой приливной волны утратило актуальность после внедрения нового типа ПЭС с ортогональной установкой. Серьезным препятствием на пути сооружения ГЭС является рыбохозяйственное значение большинства рек. Требуется компромиссные решения, предусматривающие наряду с ГЭС сооружение рыбопропускных сооружений или строительство рыбоводных заводов, компенсирующих ущерб, наносимый водным биоресурсам.

Наибольшим потенциалом ветровой энергии располагают прибрежные районы Баренцева и Белого морей (Борисов, 2004). Основными предпосылками для использования здесь ВЭУ являются высокие среднегодовые скорости ветра и зимний максимум интенсивности ветра, совпадающий с сезонным увеличением спроса на электрическую и тепловую энергию со стороны потребителя. Применение ВЭУ для целей тепло- и энергоснабжения удаленных изолированных потребителей Мурманской области, крупномасштабное применение ветровых парков в составе энергосистемы позволит превратить ветер из

климатического фактора, определяющего повышенные теплопотери, в полноценный источник энергии, обеспечивающий именно в ветренные периоды активную выработку энергии.

Таблица 10. Ресурсы НВИЭ Мурманской области, млрд кВт.ч (Минин, Дмитриев, 2002)

Источники	Солнце	Ветер	Малые реки	Морские приливы	Волны
Потенциальные ресурсы	110 000	21000	4	11	3
Технические ресурсы	11 000	350	2,8	2,0	6,1

7. Заключение

За начавшейся реструктуризацией мировой энергетики стоит потребность в экологически чистых, климатически благоприятных видах топлива, а не сокращение его запасов. И это вызвано не в последнюю очередь ростом свидетельств того, что на Земле действительно происходит потепление климата, и причина его заключается в сжигании ископаемого топлива. Экологически вредное воздействие угольных ТЭС и очень высокие капиталовложения в очистное оборудование делают их неконкурентоспособными. Энергетика на основе угля, запасы которого достаточно велики, может развиваться в том случае, если удастся разработать конкурентоспособную технологию безопасного использования угля, в первую очередь путем подземной газификации.

Сравнение мирового технического потенциала НВИЭ с традиционными показывает, что 1) потенциал НВИЭ превышает уровень потребляемой в настоящее время энергии от традиционных источников; 2) экономически значимыми являются энергия солнца, биомассы, ветра, гидроэнергия.

Гидроэнергетика во многом исчерпала свои возможности, дальше она может развиваться в основном за счет использования малых водотоков и энергии моря. Стоимость электроэнергии, получаемой на малых ГЭС, выше, чем на больших, однако они более экологичны. Малые ГЭС позволяют децентрализовать производство энергии и решить проблемы энергетики Севера, базирующейся на завозном дизельном топливе.

Привлекательные стороны ветроэнергетики – ее неистощимость, безотходность, возможность быстрого развертывания ВЭУ практически в любых, даже удаленных и труднодоступных местах (Башина..., 2003). Использование энергии ветра может способствовать как повышению энергетической безопасности, так и стабилизации климата. Оценивая развитие ветроэнергетики за рубежом, можно заключить, что в настоящее время она существует уже как самостоятельная доходная отрасль энергетики, вносящая в отдельных районах мира существенный вклад в производство электроэнергии (например, в Дании 15 %).

Энергоноситель "биомасса" только условно можно назвать возобновляемым и альтернативным, так как для созревания урожая, (допустим, сахарного тростника) требуется один сезон, а для "скороспелых" видов деревьев (как делается на вырубленных плантациях в Амазонии) – несколько лет. К тому же биомасса при ее сохранении тоже загрязняет атмосферу. Наиболее приемлемо биотопливо, получаемое из отходов деревопереработки.

В пользу развития атомной энергетики в последние годы высказывается Римский клуб, эксперты которого сформулировали следующее положение: "Нефть – слишком дорого, уголь – слишком опасно для природы, вклад НВИЭ – слишком незначителен, единственный шанс – придерживаться ядерного варианта". Однако не следует считать, что в энергетике XXI в. будет доминировать только одно какое-то направление. Человечество уже сегодня вступило в переходный период – от энергетики, базирующейся на органических природных ресурсах, которые ограничены, к энергетике на практически неисчерпаемой основе – НВИЭ. Большую роль в энергетической политике общества устойчивого развития будет играть энергосбережение, стабилизация энергопотребления за счет внедрения энергосберегающих технологий.

Применение НВИЭ могло бы значительно снизить и ресурсную, и экологическую напряженность в мире. Они экологически более чисты, не расходуют природных ископаемых. Однако имеется множество технических проблем, которые сдерживают развитие нетрадиционной энергетики, и в первую очередь – высокая материалоемкость. Так, для ВЭУ нужно большое количество алюминия, производство которого дорого и небезопасно для окружающей среды; для СЭС – много цемента и железа; для солнечных элементов – химически чистый кремний, который очень дорог. В свою очередь, это повышает стоимость нетрадиционной энергии и снижает ее конкурентоспособность по сравнению с традиционными источниками энергии. Кроме того, районы, где возможно использование ВЭУ, удалены от тех территорий, где энергия будет использоваться. Это ставит вопрос о необходимости новых технологий передачи электроэнергии на большие расстояния.

Оценка ресурсов НВИЭ региона показывает, что в северных широтах в условиях полярной ночи и активной циклонической деятельности технические ресурсы энергии солнца в 10 раз меньше

потенциальных. Наиболее реальным представляется использование энергии ветра, малых рек, морских приливов. Наибольшим потенциалом ветровой энергии располагают прибрежные районы Баренцева и Белого морей. Применение ВЭУ для целей тепло- и энергоснабжения удаленных изолированных потребителей Мурманской области, крупномасштабное применение ветровых парков в составе энергосистемы позволит превратить ветер из климатического фактора, определяющего повышенные теплопотери, в полноценный источник энергии, обеспечивающий именно в ветреные периоды активную выработку энергии. Одной из последующих задач авторов является оценка возможностей применения ВЭУ на шельфе Баренцева моря.

Литература

- New Energy. № 4, p.44, 2000. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wind-energie.De>.
- Безруких П.П., Безруких П.П.** Что может дать энергия ветра. М., Изд-во НИЦ "Инженер", 97 с., 1998.
- Безрученко В.А.** Состояние и перспективы развития ветроэнергетики. *Обзор информации ВИНТИ*, № 5, с.31-39, 1998.
- Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш.** Экономика природопользования: Учеб. пособие. М., ТЕИС, 272 с., 1997.
- Борисов С.А.** Использование нетрадиционных источников энергии в энергообеспечении Баренцрегиона. *Матер. V Всесоюз. Научн.-практ. конф. Пенза, Пенз. госуд. ун-т архитектуры*, с.63-66, 2005.
- Борисов С.А.** Перспективы энергообеспечения северных регионов на основе использования нетрадиционных источников энергии. *Матер. между. научно-техн. конф., Мурманск, МГТУ*, с.15-18, 2005.
- Браун Л.Р.** Экоэкономика. Как создать экономику, оберегающую планету. М., *Весь мир*, 301 с., 2003.
- В погоне за морским ветром. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wind-energie.De>.
- Дьяков А.Ф., Перминов Э.М.** Ветроэнергетика России. Состояние и перспективы. М., МЭИ, с.26-47, 1996.
- Информнаука. Энергетика. Ветряки для дачи. *Химия и жизнь*, № 1, с.4, 2003.
- Конфедерация лесопромышленного комплекса о Европейской биоэнергетике. *Лесной вестник*, март, с.31-35, 2005.
- Мазур И.И.** Экология нефтегазового комплекса. М., *Наука*, 496 с., 2003.
- Мартемьянова Е.С.** Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития российской экономики. *Вестник МГТУ*, т.4, № 1, с.63-72, 2001.
- Мартемьянова Е.С.** Природопользование. В 2 ч. *Мурманск, МГТУ*, ч.1, 97 с., 1999.
- Мартемьянова Е.С.** Природопользование. *Там же*, ч.2, 480 с., 2000.
- Минин В.А., Дмитриев Г.С.** Перспективы развития нетрадиционной энергетики в Мурманской области. Природопользование в Евро-Арктическом регионе: опыт XX в. и перспективы. Под ред. В.Т. Калининкова. *Апатиты, КНЦ РАН*, с.134-139, 2002.
- О реформировании электроэнергетики РФ. Постановление Правительства РФ № 526 от 11.07.2001. *Российская газета*, № 11, 2001.
- О федеральной целевой программе "Энергообеспечение районов Крайнего Севера и мест, приравненных к ним, а также мест проживания малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока за счет использования НВИЭ и местных видов топлива". Постановление Правительства РФ, № 1093 от 28.08.1997. *Российская газета*, № 31, 1997.
- О федеральной целевой программе "Энергоэффективная экономика" на 2002-2005 годы и на перспективу до 2010 г. Постановление Правительства РФ № 796 от 17.11.2001. *Российская газета*, № 19, 2001.
- Состояние мира. Доклад института Worldwatch "О развитии по пути к устойчивому обществу". *New York, W.W. Norton & Company*, p.40-47, 2001.
- Хаскин Л.** Башня из ветроэнергетических модулей. *Наука и жизнь*, № 9, с.70-73, 2003.
- Экология энергетики. Учебное пособие. Под ред. В.Я. Путилова. М., Изд-во МЭИ, 394 с., 2003.