

ОХРАНА ТРУДА. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 620.9.008

С. Д. Галюжин, канд. техн. наук, доц., А. С. Галюжин, О. М. Лобикова

ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

Проанализированы такие альтернативные источники энергии, как гидротермальное тепло, ветер, морские и океанские волны, течения, биомасса. Показано, что быстро растущие потребности человечества в энергии, если не учитывать солнечное излучение, не могут быть удовлетворены только за счет альтернативных источников. Огромным потенциалом обладает ядерная энергетика. Поэтому наряду с развитием альтернативной энергетики необходимо развивать и ядерную энергетику, иначе в следующем столетии человечество останется без источников энергии.

В последние годы идет интенсивный поиск новых источников энергии, поскольку эпоха традиционной энергетики приближается к завершению. В [1] достаточно подробно проанализирован ряд альтернативных источников энергии: геотермальное тепло, приливы и отливы, движущаяся вода и солнечное излучение. Однако перечень альтернативных источников этим не исчерпывается. Рассмотрим такие источники энергии, как ветер, гидротермальное тепло, морские и океанские волны, течения, биомасса.

Гидротермальная энергия. Кроме подземного существует и водное тепло, которое также представляет интерес в качестве источника энергии.

Солнце нагревает только верхние слои воды морей и океанов, так как нагретая вода не опускается вниз, поскольку ее плотность меньше, чем у холодной. В результате температура поверхностных слоев воды во многих районах тропиков достигает 27–30 °С, а температура воды на глубине в 1 км не превышает 5 °С. Этот перепад температур образует огромный источник энергии, мощность которого достигает 100–130 ТВт. В настоящее время можно освоить лишь 4–5 ТВт, т. к. существующие способы позволяют получить эффект при условии, когда разница

температур не менее 20 °С. Для преобразования данной энергии в электричество служат устройства, использующие эффект фазового перехода жидкостей в пар при низких температурах.

Впервые идею использования тепловой энергии океанов и морей выдвинул французский физик Жак Дарсонваль в 1881 г. Он предлагал закачивать теплую воду в теплообменник плавучей электростанции, где она превращала бы в пар легкокипящую жидкость, а пар приводил в действие турбогенератор. Отработавший пар должен был проходить через холодные глубинные слои и, конденсируясь, завершать тепловой цикл. В начале XX столетия французский инженер Джордж Клод у берегов Кубы построил опытную электростанцию мощностью 22 кВт, работающую по этому принципу. Эксперимент оказался неудачным, так как для работы насосов была необходима мощность 80 кВт.

В 1974 г. на Гавайях был создан центр развития океанской тепловой энергетики – NELHA (Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority). Уже в 1979 г. была построена первая экспериментальная электростанция мощностью 50 кВт. Станция, известная как «Mini-OTEC» (Ocean Thermal Energy Conver-

sion), была установлена на пришвартованной примерно в 2 км от берега морской барже. Она эффективно действовала с августа по октябрь 1979 г., разница между полезной и затраченной мощностью составляла 12–15 кВт.

В 1981 г. Япония продемонстрировала береговую ОТЕС на 100 кВт, расположенную в Республике Науру (юго-западная часть Тихого океана). Труба для холодной воды была проложена по морскому дну на глубине 580 м, рабочей жидкостью служил фреон. КПД станции достиг 31,5 %.

С 1992 и 1998 гг. на Гавайях под эгидой NELHA действовала достаточно мощная ОТЕС. Турбогенератор развивал мощность 210 кВт при использовании теплой поверхностной воды (температура 26 °С) и глубоководной (температура около 6 °С). Небольшой объем отработанного пара теплоносителя (около 10 %) использовался для получения пресной воды. Удалось достичь рекордного для морской тепловой энергетики КПД, равного 40,3 %.

В районе Нью-Йорка построена ОТЕС мощностью 7,18 МВт. Кроме электроэнергии станция еще вырабатывает 22 680 т пресной воды в сутки.

Однако следует отметить, что к промышленному освоению запасов тепловой энергии Мирового океана челове-

чество пока не приступило.

История использования **энергии ветра** уходит в глубокую древность. Первоначально ее использовали для движения парусных судов. Затем человек научился строить ветряные мельницы. Первое упоминание о ветряных мельницах, используемых для измельчения зерна, относится к VII в. (территория современного Ирана). В Европе старейшая ветряная мельница находится в Нидерландах, она была построена приблизительно в 1450 г. Уже в XVI в. там насчитывалось около 10 тыс. ветряных мельниц. В XVI–XVII вв. в Европе начинают использовать энергию ветра для привода водонасосных станций (Тоledo – 1526 г., Лондон – 1582 г., Париж – 1608 г.). В эти годы в Нидерландах ветряные установки откачивали воду с земель, отвоёванных у моря и ограждённых дамбами. По данным НИИ Энергетических сооружений РАО «ЕЭС России» в начале XX в. в России работало почти 250 тыс. ветряных мельниц, перерабатывающих половину урожая зерна. Эти мельницы были громоздкими и малопродуктивными, поэтому в XX в. были заменены более мощными электромеханическими мукомольными установками (рис. 1). Эпоха ветряных мельниц к середине XX в. закончилась.



Рис. 1. Ветряная мельница и паровой двигатель – конкурирующие энергоустановки начала XX в.

Первая ветряная установка для производства электроэнергии была сооружена Ч. Брашем в США в 1888 г. [2]. Установка имела многолопастное колесо диаметром 17 м и генератор мощностью 12 кВт (рис. 2). В 30-е гг. прошлого столетия во Всесоюзном институте механизации сельского хозяйства была разработана деревометаллическая ветряная мельница ВИМ мощностью около 15 кВт. В 1931 г. в Крыму по проекту Центрального аэрогидродинамического института была сооружена крупнейшая на то время в мире ветроэнергетическая установка (ВЭУ) Д-30 мощностью 100 кВт с диаметром колеса 30 м, которая проработала до 1941 г. и была разрушена оккупантами.

В последнее время энергия ветра вновь привлекает внимание энергетиков, поскольку имеет колоссальные ресурсы. Среднегодовая мощность ветров на планете составляет 25–40 ТВт, что значительно больше суммарной мощности искусственных энергетических установок. В настоя-

щее время может быть использовано не более 10 % этой энергии, так как наиболее мощные воздушные течения находятся на высоте, равной несколько сотен метров. Ветроресурсы России, доступные для технического освоения, равны около 1,1 ТВт.

В конце XX – начале XXI вв. начинается бурное развитие ветроэнергетики. Если в 1994 г. суммарная установленная мощность всех ВЭУ в мире составляла 3,5 ГВт, то к концу 2006 г. превысила 60 ГВт. По оценкам Американской ассоциации энергетики ветра (AWEA) к концу 2020 г. суммарная установленная мощность ВЭУ на планете достигнет 1,2 ГВт. В настоящее время лидирующее положение в выработке электроэнергии на ВЭУ занимает Германия, где суммарная установленная мощность таких установок равна 18,4 ГВт. В Испании – 10 ГВт, США – 9,1 ГВт, Индии – 4,4 ГВт, Дании – 3,1 ГВт.

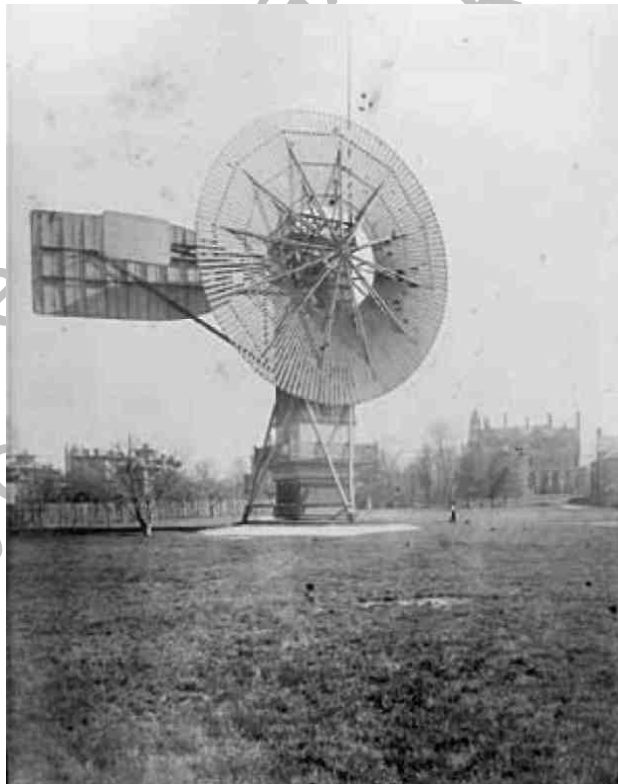


Рис. 2. Ветроэнергетическая установка Ч. Браша

В России в 90-е гг., после длительного перерыва, вновь начинается строительство ВЭУ. В 1995 г. на острове Беринга вблизи Камчатки были запущены две ВЭУ мощностью по 250 кВт каждая. В 2001 г. в Башкирии в местечке Тюпкельды введены в эксплуатацию четыре ВЭУ общей мощностью 2,2 МВт. Неподалеку от поселка Куликово Зеленоградского района Калининградской области в 2002 г. введена в строй ветроэлектростанция (ВЭС)

мощностью 5,1 МВт, где установлена 21 ВЭУ (рис. 3). В этом же году на Чукотке пущена в эксплуатацию ВЭС мощностью 2,5 МВт (10 ВЭУ по 250 кВт каждая). Проектируется еще более десятка ВЭС общей мощностью 150 МВт. В соответствии с Федеральной целевой программой «Энергоэффективная экономика» в России суммарная установленная мощность ВЭУ к 2010 г. будет доведена до 228 МВт.



Рис. 3. Ветроэлектростанция в Калининградской области

Первая в Беларуси промышленная ВЭУ мощностью 250 кВт (д. Дружная Мядельского района Минской области) введена в строй в 2005 г. (рис. 4).

Согласно прогнозам организации «Гринпис» и Европейской ассоциации ветроэнергетики к 2020 г. энергия ветра может удовлетворять до 10 % мировых потребностей в электроэнергии. Выбросы CO_2 при этом сократятся на 10 млрд т. К 2040 г. доля ветроэнергетики в мировом производстве электроэнергии может вырасти до 40 %. Так, в Дании в настоящее время около 20 % электроэнергии вырабатывается на ВЭУ. К 2030 г. в этой стране

планируют довести данный процент до 50. В долгосрочной перспективе аналитики предсказывают ветроэнергетике победу над гидроэнергетикой, которая в настоящее время производит 23 % мирового электричества.

Кроме очевидных достоинств, ветроэнергетика имеет ряд недостатков. Мощность ВЭУ зависит от скорости ветра в кубе, фактора, отличающегося большим непостоянством. Поэтому подача электроэнергии с ВЭУ в энергосистему отличается значительной неравномерностью как в суточном, так и в недельном, месячном, годовом и много-

летнем режимах. Поскольку в энергосистеме имеются пики и провалы энергопотребления, то введение значительной доли ветроэнергетики в энергосистему увеличивает ее дестабилизацию. При включении ВЭУ требуется резерв мощности в энергосистеме (например, в виде гидроаккумули-

рующих электростанций). Данная особенность существенно удорожает получаемую от ВЭУ электроэнергию. Такие проблемы в энергосистемах начинаются после достижения доли ветроэнергетики 20...25 % от общей установленной мощности системы.



Рис. 4. Первая ветроэнергетическая установка в Беларуси

К экологическим недостаткам ветроэнергетических установок следует отнести шум, инфразвук и вибрацию. В непосредственной близости уровень шума достаточно крупной ВЭУ может превышать 100 дБ. Также помимо шума, воспринимаемого человеческим ухом, вокруг ВЭС возникает опасный инфразвук частотой 6...7 Гц, вызывающий резонанс некоторых органов человека. При этом нарушается координация движения, повышается утомляемость,

возникает чувство тошноты, снижается внимание. Инфразвук практически не поглощается в атмосфере. ВЭС также могут оказывать вибрационное воздействие на близлежащие поселения людей. Поэтому в Великобритании, Германии, Нидерландах и Дании приняты законы, ограничивающие уровень шума от работающих ВЭУ до 45 дБ в дневное время и до 35 дБ ночью. Кроме того, определено минимальное расстоя-

ние от установки до жилых домов – 300 м.

Также крупномасштабное применение ВЭУ в каком-то одном районе может вызвать там климатические изменения, так как скорость движения воздуха после комплекса таких установок существенно снижается.

Достаточно большой интерес представляет *энергия волн*, возникающих на поверхности морей и океанов. Энергия волн значительно выше энергии приливов и достигает 6 ТВт. Целесообразность использования энергии волн определяется ее высокой удельной мощностью. В открытом море при высоте волны более 10 м удельная мощность может достигать 2 МВт/м, но использовать эту энергию технически сложно. Поэтому сейчас используют энергию волн лишь в прибрежных зонах, где удельная мощность не превышает 80 кВт/м [3]. Страны с большой протяженностью побережья и постоянными сильными ветрами могут производить до 5 % требуемой электроэнергии за счет энергии волн.

В основе работы волновых энергетических станций лежит воздействие волн на рабочие органы, выполненные в виде поплавков, маятников, лопастей, оболочек и т. п. Механическая работа их перемещения или перемещения упругого рабочего тела внутри их с помощью привода и генератора преобразуется в электрическую энергию. В начале XX в. американский инженер О. Рансом сконструировал установку, использующую энергию волн для сжатия воздуха. Идея получения электроэнергии за счет использования потенциала морских волн принадлежит К. Э. Циолковскому (1935 г.).

Впервые волновая энергетическая установка «Каймей» («Морской свет») была построена в 1976 г. в Японии. На 80-метровой барже водоизмещением 500 т были установлены 22 воздушные камеры, открытые снизу и работающие попарно на одну турбину Уэллса. Под действием волн воздушный поток в каждой паре камер периодически изменял свое направление движения на обратное. Для этих условий в конце 80-х гг. английский профессор Алан

Уэллс разработал турбину, ротор которой сохранял направление своего вращения при смене направления движения потока рабочего тела. При волнении 6...7 баллов по шкале Бофорта (высота волны более 6 м) установка развивала мощность до 1 МВт. Первые успешные испытания были проведены в 1978–1979 гг. вблизи г. Цуруока, энергия передавалась на берег по подводному кабелю длиной около 3 км.

В 1985 г. в Норвегии на 46 км к северо-западу от г. Берген вступила в строй промышленная волновая станция, состоящая из двух установок. Первая установка представляет собой железобетонную пневмокамеру в скале, над которой была установлена стальная башня высотой 12,3 м и диаметром 3,6 м. Волны, входящие в камеру, изменяют объем находящегося там воздуха. Возникающий поток воздуха через систему клапанов приводит во вращение турбину и связанный с ней генератор мощностью 500 кВт. Шторм в конце 1988 г. разрушил стальную башню, и она была заменена на железобетонную. Вторая установка состоит из конусовидного канала, расположенного в ущелье длиной около 170 м и шириной в основании 55 м. Канал имеет бетонные стенки высотой 15 м. Волны, проходя по сужающемуся каналу, увеличивают свою высоту с 1,1 до 15 м и попадают в резервуар, уровень которого на 3 м выше уровня моря. Из резервуара вода проходит через низконапорные гидротурбины общей мощностью 350 кВт. Станция ежегодно производит до 2 млн кВт·ч электроэнергии.

В 2002 г. в Португалии введена в эксплуатацию опытная волновая электростанция Pelamis P-750, которая при воздействии волн высотой до 5 м вырабатывает в год 6...10 млн кВт·ч электроэнергии (рис. 5).

В мире в настоящее время около 400 маяков и навигационных буйев получают питание от волновых установок.



Рис. 5. Волновая электростанция Pelamis P-750

Выработка электроэнергии с использованием энергии волн не является широко распространенной практикой, так как волновые электростанции имеют ряд недостатков. Энергия волн носит случайный характер и непостоянна во времени. Мощность волновой установки зависит от размера волн и частоты их появления. Для обеспечения необходимого режима потребления надо использовать аккумуляторы или резервные мощности ТЭС, работающей в единой энергосистеме. Волновые электростанции подвержены разрушению во время шторма. Противостоять этой стихии достаточно сложно, а находящиеся установки на кромке прибрежья особенно уязвимы. Также некоторые экологи отмечают, что при массовом использовании волновых установок возможно неблагоприятное их воздействие на морскую фауну и флору. Они будут гасить волны, которые способствуют обогащению поверхностного слоя воды кислородом и питательными веществами.

Вместе с тем необходимо отметить, что процесс преобразования волновой энергии в электрическую экологически чист. Волновые установки не требуют изъятия земельных угодий, что свойственно всем существующим электростанциям и котельным. При расположении волновых

электростанций в береговых зонах морей будет снижаться размывающее воздействие волн, что в какой-то мере позволит заменить дорогостоящие защитные гидротехнические сооружения. Крупные волновые станции могут быть использованы как для электропитания, так и для защиты морских буровых платформ, открытых рейдов, хозяйств по выращиванию морских промысловых организмов.

Энергия морских и океанских течений. Всю акваторию Мирового океана в различных направлениях пересекают течения, обладающие значительными запасами кинетической энергии. Морские и океанские течения – поступательное движение масс воды в морях и океанах, обусловленное как действием ветров, так и приливообразующими силами гравитационных полей Луны и Солнца. Суммарное значение энергии течений, по разным оценкам, составляет $10^{15} \dots 10^{19}$ кДж.

Наиболее протяженное течение – Гольфстрим, оно несет воды почти в 50 раз больше, чем все реки мира. Его ширина составляет 60 км, глубина – до 800 м, средняя скорость – около 2 м/с. Несложные расчеты показывают, что мощность такого потока воды примерно

равна 2000 ТВт и значительно превышает суммарную мощность всех ГЭС стран бывшего СССР. С целью частичного использования энергии Гольфстрима в США разработана программа «Кориолис». Она предусматривает установку в 30 км восточнее г. Майами 242 подводных установок мощностью 83 МВт каждая. В качестве преобразователя энергии движущейся воды предполагается использовать прямоточные турбины диаметром 168 м с частотой вращения 1 об/мин. Расстояние между лопастями турбины будет таково, чтобы обеспечить безопасный проход самых крупных рыб. Установка будет погружена на 30 м под уровень океана, чтобы не препятствовать судоходству. Стоимость всего сооружения соизмерима со стоимостью строительства тепловой электростанции (ТЭС) такой же мощности, но при этом не будет сжигаться ископаемое топливо, соответствующее около 17 млн т нефтяного эквивалента (ТНЭ) в год (при сжигании 1 ТНЭ образуется 44 ГДж тепловой энергии).

В Японии проводятся исследования по использованию энергии течения Куросио, расход воды которого равен $55 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$, а скорость у восточного побережья страны достигает 1,5 м/с.

Разработан проект использования энергии течения в Гибралтарском проливе, при реализации которого можно будет получать 150 ТВт·ч электроэнергии в год.

Разработчики таких проектов считают, что это экологически абсолютно чистый способ получения энергии. Это не совсем так. Преобразование кинетической энергии потока воды в электрическую означает, что скорость воды на выходе из турбины будет меньше, чем на входе. В результате использование энергии океанских течений в глобальных масштабах приведет к существенному изменению климата на континентах. Так, использование половины кинетической энергии Гольфстрима может привести к снижению средней температуры зимой в Европе на несколько градусов. Поэтому, на наш взгляд, можно использовать не более 1–2 % данной энергии.

В последние годы интенсивно ведутся научные разработки в области использования **биомассы** в качестве источника энергии. Биомасса – это совокупность органических веществ, возникающих в результате жизнедеятельности растений и животных, а также некоторые органические отходы промышленности. Энергию из биомассы получают физическим, химическим и микробиологическим способами. Физическим способом энергию получают путем сжигания мусора, навоза, отходов деревообрабатывающей промышленности. Этот способ применим, если влажность сырья не превышает 60 %.

Химический способ основан на процессах пиролиза и газификации.

Большой интерес представляет микробиологический способ. Органические остатки в закрытых емкостях разлагаются метаногенными бактериями, в результате образуется биогаз (70 % метан, 30 % углекислый газ).

Следует отметить, что теплота сгорания биомассы достаточно высока (древесина – 4,4 кВт·ч/кг, биогаз – 6,1 кВт·ч/м³) и сопоставима с теплотой сгорания ископаемых энергоносителей (каменный уголь – 8,9 кВт·ч/кг, природный газ – 8,3 кВт·ч/м³).

Источником биогаза в сельском хозяйстве являются, в первую очередь, экскременты домашних животных. При расчетах объемов биогаза применяют понятие «животная единица». Одной животной единице, из экскрементов которой можно произвести 1,5 м³ биогаза, соответствуют одна взрослая корова, пять телят, шесть свиней или 250 куриц. После извлечения биогаза повышается ценность навоза, т. к. при внесении перебродившего навоза в почву питательные вещества быстрее поглощаются растениями и нитратная нагрузка на грунтовые воды ослабевает.

До сих пор почти 2,5 млрд человек в мире в качестве топлива используют древесину, высушенный навоз, солому и другую биомассу. Следует

отметить, что дровяной очаг имеет КПД всего 14...15 %, а закрытая печь с вытяжной трубой – 20...25 %. Сжигание биомассы в промышленных установках позволяет повысить КПД в 2...2,5 раза.

Ежегодно в мире образуется до 5 млрд т отходов из биомассы (в пересчете на сухое вещество). Их полное использование позволило бы сэкономить до 2 млрд т условного топлива (ТУТ) или $4,4 \cdot 10^{16}$ кДж тепловой энергии. По данным Международного энергетического агентства в Финляндии до 23 % потребляемой электроэнергии производится из биомассы, в Швеции – до 16 %, в США – около 4 %, в странах Евросоюза – до 3 %. В Швеции разработан и успешно реализуется проект «Метод краткосрочной ротации лесов», предусматривающий выращивание быстрорастущих лесов для топлива электростанций, которые будут замещать выводимые из эксплуатации мощности АЭС. В итальянской ТЭС мощностью 9,8 МВт в качестве топлива используется скорлупа лесных орехов, косточки оливок, сосновые шишки, скорлупа миндаля и древесная щепа. В предстоящие 20 лет в США будут введены новые мощности электростанций, использующие энергию от газификации бытового мусора, – 1186 МВт, биомассы – 856 МВт.

В настоящее время наиболее активно производство биогаза развивается в странах Евросоюза, которое в настоящее время эквивалентно 4 млн ТУТ в год. Наибольших успехов достигли: Великобритания (1,4 млн ТУТ), Германия (около 1 млн ТУТ) и Франция (0,45 млн ТУТ). Еще у четырех стран (Испания, Италия, Нидерланды и Швеция) объемы производства биогаза соответствуют 150 тыс. ТУТ. В соответствии с планом развития, изложенным в Белой книге, к 2010 г. производство биогаза в странах Евросоюза должно достичь 21,5 млн ТУТ (Белая книга – своеобразный финансовый план экономического развития Евросоюза, впервые представленный в 1985 г. и постоянно дополняемый).

В странах Евросоюза для удовлетворения энергетических потребностей дос-

таточно широко используется и древесина. В группу лидеров входят Франция, Германия и Швеция, в этих странах древесина обеспечивает экономию ископаемых энергоносителей, эквивалентную 11...12,4 млн ТУТ. К группе лидеров приближаются Финляндия – около 10 млн ТУТ, а также Испания и Австрия – в каждой более 4 млн ТУТ. В целом по странам Евросоюза энергетический эквивалент используемой древесины оценивается в 65 млн ТУТ, к 2010 г. прогнозируется увеличение до 100 млн ТУТ. Это ниже планов в 143 млн ТУТ, намеченных в Белой книге, но в связи с ростом цен на природный газ, объемы использования древесины в энергетических целях в последние годы увеличиваются.

В Великобритании Компания «СембКорпорейшн Утилитес» завершает строительство биотопливной электростанции Wilton 10 мощностью 30 МВт. Этой энергии хватит для обеспечения 30 тысяч частных жилых домов. Для обеспечения станции топливом ежегодно потребуется 300 тыс. т древесины. Большую часть составят отходы деревообработки. Также древесина будет поступать со специально создаваемых плантаций быстрорастущих пород деревьев. Будет использоваться и старая древесина, которую ранее выбрасывали на свалки.

Ежегодное количество органических отходов сельскохозяйственного производства в России составляет примерно 250 млн т, из них 150 млн т приходится на животноводство и птицеводство, 100 млн т – на растениеводство. Лесная и деревоперерабатывающая промышленность дает 700 млн т. В целом потенциал биомассы равен 467 млн ТУТ в год. Однако использование этих отходов для производства электроэнергии и тепла пока незначительно. По данным Госкомстата России в настоящее время в стране имеется около 30 малых ТЭЦ с общей установленной мощностью 1,5 ГВт, использующих биомассу совместно с тра-

диционными топливами (мазут, уголь, газ). За счет сжигания биомассы ежегодно вырабатывается почти 2,5 млрд кВт·ч электроэнергии и $40,6 \cdot 10^6$ ГДж тепла.

В Беларуси ежегодный прирост древесины составляет 25 млн м³, а рубка леса в годовом исчислении достигает 10 млн м³. По оценкам специалистов объемы отходов при этом достигают 6 млн м³ в год. Как правило, отходы рубки сжигаются, поскольку организации, занимающиеся рубкой, должны очистить лесосеку для последующей посадки деревьев. В целом по Республике годовой объем использования дров и отходов деревообработки составлял около 1,1 млн ТУТ. Кроме того, ежегодно в Беларуси производится 6...8 млн т соломы, из которой в качестве корма и подстилочного материала используется только половина. Использование отходов деревообработки и растениеводства в качестве топлива может обеспечить в настоящее время не менее 3 млн ТУТ, а при развитии инфраструктуры эта величина может возрасти до 6 млн ТУТ. Использование технологий производства жидкого биотоплива (рапсовое масло, спирты) может частично решить проблему обеспечения топливом транспорта. Потенциально возможное получение биогаза от животноводческих комплексов в качестве топлива составляет 160 тыс. ТУТ в год, однако этот ресурс практически не используется. В настоящее время примерно 2000 белорусских котельных мощностью от 0,5 до 10 МВт, работающих на ископаемых видах топлива, пригодны для перевода на биомассу. В 2006 г. успешно реализованы первые проекты в использовании древесины для получения электроэнергии и тепла: построена Осиповичская ТЭС мощностью 0,5 МВт и переведена на древесную щепу БелГРЭС мощностью 5 МВт.

Необходимо отметить, что чрезмерное использование биомассы в качестве топлива чревато негативными последствиями для биосферы. Ежегодно продуктивность фотосинтеза составляет 230 млрд т [4, С. 118–120]. Растительные животные потребляют около 40 % прироста фитомассы (массы растений). Ос-

тавшаяся часть является реальной массой растительности в биосфере, но полностью использовать ее для получения энергии нельзя. Основная часть этой фитомассы служит в качестве питания для редуцентов в детритной пищевой цепи. Поэтому для получения энергии для различных хозяйственных целей можно использовать не более 5 % годового прироста фитомассы, в противном случае может существенно нарушиться биотический круговорот веществ [5, С. 58–60]. Таким образом, без ущерба для биосферы ежегодно можно сжигать до 11,5 млрд т органики (сухого вещества), что позволит получить примерно $17 \cdot 10^{16}$ кДж энергии.

Атомная энергетика. Начало эпохи ядерной энергетики положено в декабре 1942 г., когда в США была произведена контролируемая реакция ядерного деления. В 60-е гг. XX в. начинается промышленное использование ядерной энергии. К 1970 г. было введено в эксплуатацию 116 атомных электростанций (АЭС), к 1980 г. – 135, к 1990 г. – 328. Максимальное число атомных электростанций было введено в строй в середине 70-х гг. По данным Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ) в 2002 г. в мире действовало 438 атомных реакторов, 31 реактор находился в стадии строительства или на модернизации. Чуть меньше четверти из всех реакторов находится в США (104). Во Франции 59 реакторов, в Японии – 53, в Великобритании – 35, в России – 29. Германия по этому показателю занимает пятое место (19 реакторов). В Южной Корее работает 16 реакторов, в Канаде – 14, в Украине – 13, в Швеции – 11. У остальных стран менее десяти реакторов. Так, Китай имеет сейчас три реактора, однако строятся семь новых. В ряде стран мира, например, в Германии и Великобритании, известны случаи закрытия атомных электростанций. Германия и Швеция фактически ввели мораторий на строительство новых АЭС.

Все атомные электростанции ми-

ра производят примерно 375 ГВт·г. ($11,8 \cdot 10^{15}$ кДж/г.) электроэнергии. Наиболее зависящей от ядерной энергетики является Франция, где АЭС обеспечивают производство 76,4 % потребляемой электроэнергии. Россия на АЭС производит 14,9 % электроэнергии, Япония – 33,8 %, Финляндия – 32,1 %, Германия – 30,6 %, Великобритания – 21,9 %, США – 19,8 %, Индия – 3,1 %. Для сравнения: Китай занимает тридцатое место в этом списке – атомная энергетика обеспечивает потребности страны в электроэнергии только на 1,2 %. По прогнозам МАГАТЭ суммарная мощность АЭС в мире к 2050 г. достигает 2000 ГВт, к 2100 г. — 5000 ГВт.

Известные мировые запасы урана (с учетом коммерческих запасов и урана, извлекаемого при повторном обогащении) оцениваются в 17 млн т. Для производства 1 ГВт·г. электроэнергии с помощью современных реакторов необходима 1 т урана, поэтому, с учетом вводимых в действие АЭС, имеющихся запасов урана хватит на 250...300 лет.

Катастрофа на Чернобыльской АЭС сформировала у населения, особенно в Европе, стойкое неприятие к «мирному атому». Однако возросшие цены на углеводородное топливо и отказ Германии (крупнейшей страны Евросоюза) от дальнейшего развития ядерной энергетики вызвали рост производства атомной энергии в странах с менее строгими правилами. Так, Франция предполагает к 2010 г. ввести в действие новые реакторы и довести суммарную мощность АЭС с 62 960 МВт в 2005 г. до 64 460 МВт в 2010 г., Япония наращивает мощность АЭС еще значительней – с 47 769 до 61 710 МВт. По всей видимости, атомную энергетику в ближайшем будущем ожидает если не бурный рост, то, во всяком случае, довольно оптимистическая полоса развития. Это связано не только с удорожанием нефтепродуктов, но и с решимостью стран Евросоюза и ведущих стран Азии воплотить в жизнь Киотское соглашение, предусматривающее существенное сокращение эмиссии парниковых газов. Финское правительство, на-

пример, заявило, что увеличение доли атомной энергетики для Финляндии является единственно возможным способом выполнить Киотский протокол и обеспечить растущую экономику достаточным количеством электроэнергии. В Финляндии планируется довести суммарную мощность АЭС с 2 658 МВт в 2005 г. до 4 158 МВт в 2010 г. В Беларуси в ближайшие годы предполагается построить первую двухблочную АЭС мощностью 2000 МВт. По расчетам специалистов, это позволит ежегодно замещать 5 млрд м³ природного газа. Россия, несмотря на обладание огромными запасами углеводородных энергоресурсов, также планирует в ближайшие пять лет довести мощность реакторов с 24 543 до 28 197 МВт.

Вместе с тем, надо признать, что до сих пор нет способов безопасной утилизации радиоактивных отходов. Наука пока не решила эту задачу. Накопление таких отходов представляет серьезную экологическую опасность.

Обобщим результаты анализа различных альтернативных источников энергии (табл. 1), выполненного в данной работе и [1]. Ядерную и солнечную энергию при этом учитывать не будем.

В настоящее время человечество ежегодно потребляет примерно $7 \cdot 10^{17}$ кДж энергии [6]. Таким образом, существующие в биосфере альтернативные источники энергии теоретически вполне могут удовлетворить потребности человечества на ближайшие 60...70 лет. Однако с помощью этих источников в настоящее время удовлетворяется всего 5 % потребностей в энергии, причем 4 % приходится на гидроэнергетику, так как человечество лучше всего освоило технологии получения энергии с помощью гидроэлектростанций. Достаточно бурно развиваются технологии использования энергии ветра, биомассы, приливов и отливов и геотермальной энергии. Если учесть только гидроэнергетику, энергию ветра, энергию биомассы, геотермальную энергию и энергию приливов и от-

лизов, то их потенциал практически сегодня сопоставим с потребностями человечества. При переводе автомобильного транспорта на водородное топливо потенциала этих источников уже недостаточно, так как при производстве водорода 25....30 %

электроэнергии будет потеряно (превратится в тепловую энергию и рассеется в пространстве). Поэтому у человечества пока нет альтернативы развитию солнечной и ядерной энергетики.

Табл. 1. Реальный энергетический потенциал биосферных источников энергии на планете

Вид источника	Годовой потенциал энергии, 10^{17} кДж	Среднегодовая мощность, ТВт
Ветры	1,3	4
Реки	2,6	8
Биомасса	1,7	5,4
Приливы и отливы	1	3
Геотермальное тепло	12	38
Океанские течения	1,04	3,2
Гидротермальное тепло	1,6	5
Морские волны	2	6
Всего	23,24	72,6
Всего с учетом КПД преобразователя (~40 %)	9,3	29

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галюжин, С. Д. Альтернативные источники энергии / С. Д. Галюжин, А. С. Галюжин, О. М. Лобикова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2004. – № 1. – С. 165–175.
2. Антсович, П. Т. Энергия ветра: вчера, сегодня, завтра [Электронный ресурс] / П. Т. Антсович. – СПб. : Электросфера, 2007. – Режим доступа : [http : // www.rawi.ru / data / articleM&M.pdf](http://www.rawi.ru/data/articleM&M.pdf). – Дата доступа : 05.12.07.
3. Стребков, Д. С. Возобновляемая энергетика

ка в третьем тысячелетии / Д. С. Стребков // Энергетическая политика, 2001. – № 2. – С. 23–27.

4. Войткевич, Г. В. Происхождение и химическая эволюция Земли / Г. В. Войткевич. – М. : Наука, 1983. – 168 с.

5. Шилов, И. А. Экология : учебник для биологических и медицинских специальностей вузов / И. А. Шилов. – М. : Высш. шк., 2000. – 512 с.

6. Галюжин, С. Д. Экология и энергетика / С. Д. Галюжин, Д. С. Галюжин, О. М. Лобикова // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 1. – С. 27–31.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 07.12.2007

S. D. Haliuzhyn, A. S. Haliuzhyn, O. M. Lobikova
Energy problems solution ways

Such alternatives sources of energy as geothermal energy, wind, sea and ocean stream and wave energy, biomass energy have been analyzed. It has been shown that quickly growing humanity requirements of energy, if not to take into account sun ray energy can not be satisfied with alternative sources of energy. Nuclear energy has a great potential. That is why together with alternative energy development it is necessary to develop nuclear energy otherwise humanity will run out of sources of energy.