

## Тема 7. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Цель: дать понятие альтернативных источников энергии, выявить достоинства и недостатки солнечных батарей и коллекторов, озвучить перспективы использования различных видов отходов в теплоэнергетике.

### План занятия:

1. Альтернативные источники энергии.
2. Солнечная и ветровая энергетика.
3. Перспективы использования отходов в теплоэнергетике.

**Ключевые определения:** альтернативные источники энергии, биогаз, утилизация, ФЭП.

**Возобновляемые** - это ресурсы, энергия которых непрерывно восстанавливается природой: энергия рек, морей, океанов, солнца, ветра, земных недр и т.п.

**Невозобновляемые** - это ресурсы, накопленные в природе ранее, в далекие геологические эпохи, и в новых геологических условиях практически не восполняемые (органические топлива: уголь, нефть, газ). К невозобновляемым энергоресурсам относится также ядерное топливо.

Энергетика на ископаемом топливе (тепловые, конденсационные электрические станции, котельные) стала традиционной. Однако оценка запасов органического топлива на планете с учетом технических возможностей их добычи, темпов расходования в связи с ростом энергопотребления показывает ограниченность запасов. Особенно это касается нефти, газа, высококачественного угля, представляющих собой ценное химическое сырье, которое сжигать в качестве топлива нерационально и расточительно. Отрицательное влияние оказывает сжигание больших количеств топлива в традиционных энергетических установках на окружающую среду: загрязнение, изменение газового состава атмосферы, тепловое загрязнение водоемов, повышение радиоактивности в зонах ТЭС, общее изменение теплового баланса планеты.

Практически неисчерпаемы возможности ядерной и термоядерной энергетики, но с нею связаны проблемы теплового загрязнения планеты, хранения радиоактивных отходов, вероятных аварий энергетических гигантов. В связи с этим во всем мире отмечается повышенный интерес к использованию нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Их природа определяется процессами на Солнце, в глубинах Земли, гравитационным взаимодействием Солнца, Земли и Луны. Установки работающие на возобновляемых источниках, оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные потоки энергии, естественно циркулирующие в окружающем пространстве. Экологическое воздействие энергоустановок на возобновляемых источниках в основном заключается в нарушении ими естественного ландшафта. В настоящее время возобновляемые энергоресурсы используются незначительно. Их применение крайне заманчиво, многообещающе, но требует больших расходов на развитие соответствующей техники и технологий. При ориентации части энергетики на возобновляемые источники важно правильно оценить их долю, технически и экономически оправданную для применения. Эта задача - оценить, использовать потенциал возобновляемых ресурсов, найти их место в топливно-энергетическом комплексе - стоит перед экономикой Беларуси. Ее решение поможет смягчить дефицитность энергосистемы республики, позволит снизить зависимость от импорта энергоресурсов, будет способствовать стабильности экономики и политической независимости.

При планировании энергетики на возобновляемых источниках важно учесть их особенности по сравнению с традиционными невозобновляемыми. К ним относятся следующие.

◆ 1. Периодичность действия в зависимости от неуправляемых человеком природных закономерностей и, как следствие, колебания мощности возобновляемых источников от крайне нерегулярных, как у ветра, до строго регулярных, как у приливов.

◆ 2. Низкие, на несколько порядков ниже, чем у возобновляемых источников (паровые котлы, ядерные реакторы), плотности потоков энергии и рассеянность их в пространстве. Поэтому энерго-

установки на возобновляемых источниках эффективны при небольшой единичной мощности и прежде всего для сельских районов.

◆ 3. Применение возобновляемых ресурсов эффективно лишь при комплексном подходе к ним. Например, отходы животноводства и растениеводства на агропромышленных предприятиях одновременно могут служить сырьем для производства метана, жидкого и твердого топлива, а также удобрений.

◆ 4. Экономическую целесообразность использования того или иного источника возобновляемой энергии следует определять в зависимости от природных условий, географических особенностей конкретного региона, с одной стороны, и в зависимости от потребностей в энергии для промышленного, сельскохозяйственного производства, бытовых нужд, с другой. Рекомендуется планировать энергетику на возобновляемых источниках для районов размером порядка 250 км. При выборе источников энергии следует иметь в виду их качество. Последнее оценивается долей энергии источника, которая может быть превращена в механическую работу. Электроэнергия обладает высоким качеством. С помощью электродвигателя более 95% ее можно превратить в механическую работу. Качество тепловой энергии, получаемой в результате сжигания топлива на тепловых электростанциях, довольно низкое - около 30%.

Возобновляемые источники энергии по их качеству условно делят на три группы:

1. Источники механической энергии, обладающие довольно высоким качеством:

- ветроустановки - порядка 30%,
- гидроустановки - 60%,
- волновые и приливные станции - 75%.

2. Источники тепловой энергии:

- прямое или рассеянное солнечное излучение,
- биотопливо, обладающее качеством не более 35%.

3. Источник энергии, использующие фотосинтез и фотоэлектрические явления, имеют различное качество на разных частотах излучения; в среднем КПД фотопреобразователей составляет порядка 15%.

Основными нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии для Беларуси являются гидро-, ветроэнергетические, солнечная энергия, биомасса, твердые бытовые отходы. Солнечная энергетика. Известно два направления использования солнечной энергии. Наиболее реальным является преобразование солнечной энергии в тепловую и использование в нагревательных системах. Второе направление - системы непрямого и прямого преобразования в электрическую энергию.

#### **Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую.**

Солнечные нагревательные системы могут выполнять ряд функций:

- подогрев воздуха, воды для отопления и горячего водоснабжения зданий в районах с холодным климатом;
- сушку пшеницы, риса, кофе, других сельскохозяйственных культур, лесоматериалов для предупреждения их поражения насекомыми и плесневыми грибами;
- поставлять теплоту, необходимую для работы абсорбционных холодильников;
- опреснение воды в солнечных дистилляторах;
- приготовление пищи;
- привод насосов.

В системах непрямого преобразования в электрическую - на гелиотермических электростанциях солнечная энергия, аналогично энергии органического топлива на ТЭС, превращается в тепловую энергию рабочего тела, например, пара, а затем в электрическую. Можно создать гелиотермические электростанции мощностью до нескольких десятков - сотен мегаватт. Концентрация солнечной энергии может осуществляться с помощью рассредоточенных коллекторов в форме параболоидов диаметром более 30м. Каждый из них независимо следит за Солнцем и передает его энергию теплоносителю. Альтерна-

тивный вариант - солнечные электростанции башенного типа. На них системы плоских зеркал, расположенные на большой площади, отражают солнечные лучи на центральный теплоприемник на вершине башни. К сожалению, КПД преобразования солнечной энергии в электрическую на гелиотермических электростанциях составляет не более 10%, а стоимость получаемой электроэнергии несопоставима с ее стоимостью на ТЭС и даже АЭС. Серьезная проблема - непостоянство солнечного излучения в течении суток, его зависимость от времени года. Для обеспечения круглосуточного энергоснабжения требуется аккумулятирование энергии. В этой связи рациональна совместная работа гелиотермической и гидроаккумулирующей электростанций. Заманчиво и многообещающе прямое превращение солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных элементов (рис.3.4), в которых используется явление фотоэффекта. В настоящее время наиболее совершенны кремниевые фотоэлементы. Их КПД составляет не более 15%, и они очень дороги. Предложено два варианта реализации принципа фото-электрического преобразования. Первый заключается в создании солнечных станций на искусственных спутниках Земли, оборудованных солнечными панелями из фотоэлементов площадью от 20 до 100 км<sup>2</sup> в зависимости от мощности станции. Вырабатываемая на спутниках электроэнергия будет преобразовываться в электромагнитные волны в микроволновом диапазоне частот, направляться на Землю, где принимается приемной антенной. Второй предполагает монтаж сборных панелей солнечных фотоэлектрических элементов в малонаселенных и малоиспользуемых пустынных районах Земли.

Для территории Беларуси свойственны относительно малая интенсивность солнечной радиации и существенное изменение ее в течение суток года. В этой связи необходимо отчуждение значительных участков земли для сбора солнечного излучения, весьма большие материальные и трудовые затраты. Поэтому для нашей республики реально использование солнечной энергии для сушки кормов, семян, фруктов, овощей, подъема и подогрева воды на технологические и бытовые нужды. В результате возможная экономия топливно-энергетических ресурсов оценивается всего в 5000 у.т./год.

Гидроэнергетика - это область наиболее развитой энергетики на возобновляемых ресурсах, использующая энергию падающей воды, волн и приливов. Цель гидроэнергетических установок - преобразование потенциальной энергии воды в механическую энергию вращения гидротурбины. С помощью плотины в водохранилище создается запас потенциальной энергии воды. Через подводящий (напорный) водопровод вода под напором подается на турбину, с помощью которой кинетическая энергия падающей воды превращается в механическую энергию вращения турбины и далее вала электрогенератора. КПД превращения энергии воды в электрическую энергию в гидроэнергетических установках оказывается порядка 50%.

Основные параметры, от которых зависит мощность ГЭС,- это расход воды, т.е. количество воды, подаваемой на турбину в единицу времени, и напор-перепад между водной поверхностью водохранилища и уровнем установки гидроагрегата. Поэтому мощность ГЭС, количество и стоимость вырабатываемой ею электроэнергии в конечном итоге зависят от топографических условий в районе размещения водохранилища и ГЭС.

Наиболее сложные проблемы гидроэнергетики - ущерб, наносимый окружающей среде водохранилищами (уничтожение уникальной флоры и фауны, затопление плодородных почв, климатические изменения, потенциальная угроза землетрясений и др.), заиливание гидротурбин, их коррозия, большие капитальные затраты на сооружение ГЭС. Вырабатываемую ГЭС энергию легко регулировать, и она преимущественно используется для покрытия пиковой части графика нагрузки энергосистем с целью улучшения работы базисных электростанций (ТЭС, КЭС, АЭС). Гидроресурсы Беларуси оцениваются в 1000 МВт. Однако практически реализуемый потенциал малых рек и водотоков Беларуси составляет едва ли 10% этой величины, что эквивалентно экономии 0,1 млн. тонн условного топлива. Для достижения большего пришлось бы затопить значительные площади из-за равнинного характера рек. К концу 60-х годов в Беларуси эксплуатировалось около 180 малых ГЭС (МГЭС) общей мощностью 21 МВт. В настоящее время осталось лишь 6 действующих МГЭС. Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС)

предполагается соорудить для использования избыточной мощности при снижении потребления электроэнергии в ночное время и нерабочие дни при вводе в Белорусской энергосистеме энергоисточников на ядерном топливе.

При малых нагрузках в энергосистеме электроэнергия от базисных электростанций (ТЭС, АЭС) может использоваться в действии насосов, перекачивающих воду нижнего водохранилища в верхнее. В периоды пика вода пропускается обратно в нижнее водохранилище, проходя через гидроагрегат и вырабатывая дополнительную электроэнергию для пиковых нагрузок. Возможны надземный и подземный варианты сооружения ГАЭС.

Основные направления развития гидроэнергетики РБ является восстановление старых МГЭС путем капитального ремонта и частичной замены оборудования; сооружение новых МГЭС на водохранилищах неэнергетического (комплексного) назначения, на промышленных водосбросах; строительство бесплотинных ГЭС на реках со значительным расходом воды.

**Ветроэнергетика.** Энергия ветра на земном шаре оценивается в 175-219 тыс. ТВт/ч в год. Это примерно в 2,7 раза больше суммарного расхода энергии на планете. Постоянные воздушные течения к экватору со стороны северного и южного полушарий образуют систему пассатов. Существуют периодические движения воздуха с моря на сушу и обратно в течении суток - бризы и года - муссоны. Полезно может быть использовано лишь 5% указанной величины энергии ветра. Используется же значительно меньше.

Энергию ветра человек начал применять в глубокой древности для приведения в движении парусных кораблей, мельничных колес. В наше время она используется для выработки электроэнергии. Это - наиболее эффективный способ утилизации энергии ветра. В ветроэнергетической установке (ВЭУ) кинетическая энергия движения воздуха превращается в энергию вращения ротора генератора, который вырабатывает электроэнергию. Выходная мощность установки пропорциональна площади лопастей ветрового ротора и скорости ветра в кубе. Поэтому ветроэнергетические установок большой мощности оказываются крупногабаритными, ведь скорость ветра в среднем бывает небольшой.

Для защиты от разрушения сильными случайными порывами ветра установки проектируется со значительным запасом мощности. Трудности в использовании ветроустановок связаны с непостоянством скорости ветра. Приходится управлять частотой вращения ветроколеса и согласовывать ее с частотой вращения электрогенератора. Кроме того, в периоды безветрия электроэнергия не производится. Для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы энергии. Крупномасштабное применение ВЭУ в каком-то одном районе может вызвать значительные климатические изменения, испортить ландшафт, ВЭУ создают шум и электромагнитные помехи.

Научные разработки и исследования ориентированы на использование ВЭУ по двум направлениям: в региональных энергосистемах и для местного (автономного) энергоснабжения. Функционируют ВЭУ мощностью до 20 кВт, и созданы установки мощностью до 3-4 МВт. Срок службы таких генераторов порядка 20 лет. Стоимость вырабатываемой ими электроэнергии будет меньше, чем на ТЭС на жидком топливе. Устанавливаться такие ВЭУ могут на открытых равнинных местах. Ветроустановки мощностью от 10 до 100 кВт для автономного энергоснабжения жилых помещений, ферм и других потребителей могут применяться в странах с высоким жизненным уровнем.

Территория Республики Беларусь находится в умеренной ветровой зоне. Стабильная скорость ветра составляет 4-5 м/с и соответствует нижнему пределу устойчивой работы отечественных ВЭУ. Это позволяет использовать лишь 1.5-2.5% ветровой энергии. Поэтому ветроэнергетику можно рассматривать в качестве вспомогательного энергоресурса, решающего местные проблемы, например, отдельных фермерских хозяйств. Основными направлениями использования ВЭУ в нашей республике на ближайший период будет их применение для привода насосных установок и как источников энергии для электродвигателей. Готовиться к серийному выпуску ветроустановка ротационного типа (рис.3.7) мощностью 5-8 кВт, устойчиво работающая при скорости ветра 3.5 м/с. Разрабатывается и готовится к испы-

таниям более мощная ВЭУ с горизонтальным ветроколесом. Автономные ВЭУ обязательно должны комплектоваться резервными источниками электроэнергии или аккумуляторными батареями.

**Энергия биомассы.** Под действием солнечного излучения в растениях образуются органические вещества и аккумулируется химическая энергия. Этот процесс называется фотосинтезом. Животные существуют за счет прямого или косвенного получения энергии и вещества от растений. Этот процесс соответствует трофическому уровню фотосинтеза. В результате фотосинтеза происходит естественное преобразование солнечной энергии.

Вещества, из которых состоят растения и животные, называют **биомассой**. Посредством химических или биохимических процессов биомасса может быть превращена в определенные виды топлива: газообразный метан, жидкий метанол, твердый древесный уголь. Продукты сгорания биотоплива путем естественных экологических или сельскохозяйственных процессов вновь превращаются в биотопливо. Энергия биомассы может использоваться в промышленности, домашнем хозяйстве. Так, в странах, поставляющих сахар, за счет отходов его производства покрывается до 40% потребностей в топливе. Биотопливо в виде дров, навоза и ботвы растений применяется в домашнем хозяйстве примерно 50% населения планеты для приготовления пищи, обогрева жилищ.

Существуют различные энергетические способы переработки биомассы:

- термохимические (прямое сжигание, газификация, пиролиз);
- биохимические (спиртовая ферментация, анаэробная переработка, биофотолиз);
- агрохимические (экстракция топлива).

Получаемые в результате переработки виды биотоплива и ее КПД приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Источник биомассы или топлива	Пр о и з в о д и м о е биотопливо	Технология переработки	КПД переработки, %
Лесоразработки	теплота	сжигание	70
Отходы переработки древесины	Теплота, газ, нефть, уголь	Сжигание, пиролиз	70 - 85
Зерновые	солома	сжигание	70
Сахарный тростник, сок	этанол	сбраживание	80
Сахарный тростник, отходы	жмых	сжигание	65
Мусор	теплота	сжигание	50

В последнее время появились проекты создания искусственных энергетических плантаций для выращивания биомассы и последующего преобразования биологической энергии. Для получения тепловой мощности, равной 100 Мвт, потребуется около 50 м<sup>2</sup> площади энергетических плантаций. Более широкий смысл имеет понятие энергетических ферм, которое подразумевает производство биотоплива как основного или побочного продукта сельскохозяйственного производства лесоводства, речного и морского хозяйства, промышленной и бытовой деятельности человека. В климатических условиях Беларуси с 1га энергетических плантаций собирается масса растений в количестве до 10 т сухого вещества, что эквивалентно примерно 5т у.т. при дополнительных агроприемах продуктивность 1га может быть повышена в 2-3 раза. Наиболее целесообразно использовать для получения сырья выработанные торфяные месторождения площадь которых в республике составляет около 180 тыс. га. Это может стать стабильным, экологически чистым и биосферно-совместимым источником энергетического сырья. Весьма

многообещающе для Беларуси использование в качестве биомассы отходов животноводческих ферм и комплексов. Получение из них биогаза может составить на уровне 2000 г. около 890 млн. куб. м в год, что эквивалентно 160 тыс. т у.т. Сдерживающим фактором развития биогазовых установок в республике являются продолжительные зимы, большая металлоемкость установок, неполная обеззараженность органических удобрений.

Загрязнение земель, подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха во всевозрастающей степени связано с накоплением отходов производства и потребления. Количество отходов в мире ежегодно возрастает и, по некоторым оценкам, достигло уже критической массы. Для их размещения из хозяйственного оборота изымаются все новые и новые земли. Образование и накопление отходов производства и потребления ведет к нарушению экологического равновесия природной среды и представляет реальную угрозу здоровью людей. Все отходы, в зависимости от источников их образования, делятся на производственные и бытовые (отходы потребления).

Отходы производства — это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства продукции или выполнения работ, потерявшие полностью или частично исходные потребительские качества; а также попутные вещества, которые образуются в процессе производства и не находят использования в этом производстве. По своему физико-химическому составу отходы делятся на твердые, жидкие и газообразные. Примером последних могут служить газы, образующиеся при разложении мусора, или газы предприятий. Жидкие отходы представляют собой вещества, растворенные в использованной воде, сбрасываемые в открытые водоемы, канализацию или поступающие на очистные сооружения, где они превращаются в твердые осадки. Но основной объем составляют твердые отходы, образующиеся по всей цепочке переработки сырьевых ресурсов.

Отходы потребления — изделия и материалы, которые потеряли свои потребительские свойства в результате физического или морального их износа. К отходам потребления относятся и твердые бытовые отходы, образующиеся в процессе жизнедеятельности людей.

Особую группу составляют опасные отходы, которые в результате их реакционной способности или токсичности создают непосредственную или потенциальную опасность для здоровья человека или состояния окружающей среды самостоятельно, а также при вступлении в контакт с другими веществами (отходами) и окружающей средой.

На территории Беларуси ежегодно образуется более 22 млн. т отходов производства и производственного потребления. Из них используется (утилизируется) не более 16 %, остальные, как правило, вывозятся на полигоны, накапливаются; хранятся на территории предприятий; сжигаются, сливаются в канализацию, водоемы; вывозятся в несанкционированные места. В жилых и общественных зданиях (школах, вузах, детсадах, магазинах, столовых и т.д.) образуются твердые бытовые отходы (ТБО). Содержание органического вещества в них составляет 40-75%, углеводов - 35-40%, зольность - 40-70%. Горючие компоненты в ТБО равны 50-88%. Их теплотворная способность - 800-2000 ккал/кг. Бытовые отходы содержат такие трудноразлагаемые химические элементы, в их числе хлорорганические и токсичные. В большей степени ТБО обогащены кадмием, оловом, свинцом и медью. В мировой практике получение энергии из ТБО осуществляется сжиганием или газификацией. В Японии, Дании, Швейцарии сжигается около 70% твердых бытовых отходов, остальная часть складывается на полигонах или компостируется. В США сжигается около 14% ТБО, в Германии - 30%, Италии - 25%. В Республике Беларусь ежегодно накапливается 2.4 млн.т ТБО с потенциальной энергией 470 тыс. т у.т. Учитывая бедность республики энергетическими ресурсами, необходимо вовлечь ТБО в ее энергетический потенциал путем применения прогрессивных технологий, заимствованных из опыта других стран либо развернуть исследования и создать собственные технологии переработки ТБО.

Общие возможности экономии ТЭР за счет применения нетрадиционных и возобновляемых источников для условий РБ ограничены. Они оцениваются в 200-540 тыс. т у.т. в год, т.е. порядка 0.5-1%

общих потребностей Беларуси в ТЭР. Основными потребителями возобновляемых энергоресурсов могут стать объекты сельского хозяйства. Возобновляемые источники энергии могут решать в основном локальные задачи энергообеспечения и служить необходимым дополнением к традиционной энергетике на органическом топливе и ядерной энергетике.