

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И  
ОБРАЗОВАНИЯ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО»**

**А.В. РУДЫХ**

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ**

**Учебно-методические указания для самостоятельной работы  
студентов 2 курса, направления подготовки 35.03.06  
«Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и  
электротехнологии в АПК» по дисциплине  
«Альтернативные источники получения энергии»**

**Молодежный 2021**

УДК 621.31:631.(075.8)

Учебно-методические указания для самостоятельной работы студентов: «Альтернативные источники получения энергии» по дисциплине «Альтернативные источники получения энергии», рекомендовано к изданию методической комиссией энергетического факультета, протокол № 6 от 16.02.2021г.

Р е ц е н з е н т ы:

К.т.н., доцент С.В. Подъячих

**Составитель Рудых А.В.**

Альтернативные источники получения энергии: Учебно методические рекомендации для самостоятельной работы студентов. – Иркутск.: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2021. – 37 с. Предназначено для самостоятельной работы студентов энергетического факультета, направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль – «Электрооборудование и электротехнологии в АПК», уровень подготовки – бакалавр, по дисциплине «Альтернативные источники получения энергии».

Даны краткие теоретические сведения, вопросы для самостоятельной работы студентов.

© А.В. Рудых

© Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА.....	4
2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА.....	9
3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИЛИВОВ И ОТЛИВОВ.....	16
4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ.....	21
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПЛИВА.....	24
7. АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ.....	29
Контрольные вопросы.....	32
Список литературы.....	36

# 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА

Многие из нас так или иначе сталкивались с солнечными элементами. Кто-то пользовался или пользуется солнечными батареями для получения электричества в бытовых целях, кто-то использует небольшую солнечную панель для зарядки любимого гаджета в полевых условиях, а кто-то уж точно видел маленький солнечный элемент на микрокалькуляторе. Некоторым даже посчастливилось побывать на солнечной электростанции.

Но задумывались ли вы когда-нибудь о том, как происходит процесс преобразования солнечной энергии в энергию электрическую? Какое физическое явление лежит в основе работы всех этих солнечных элементов? Давайте обратимся к физике и разберемся в процессе генерации детально.

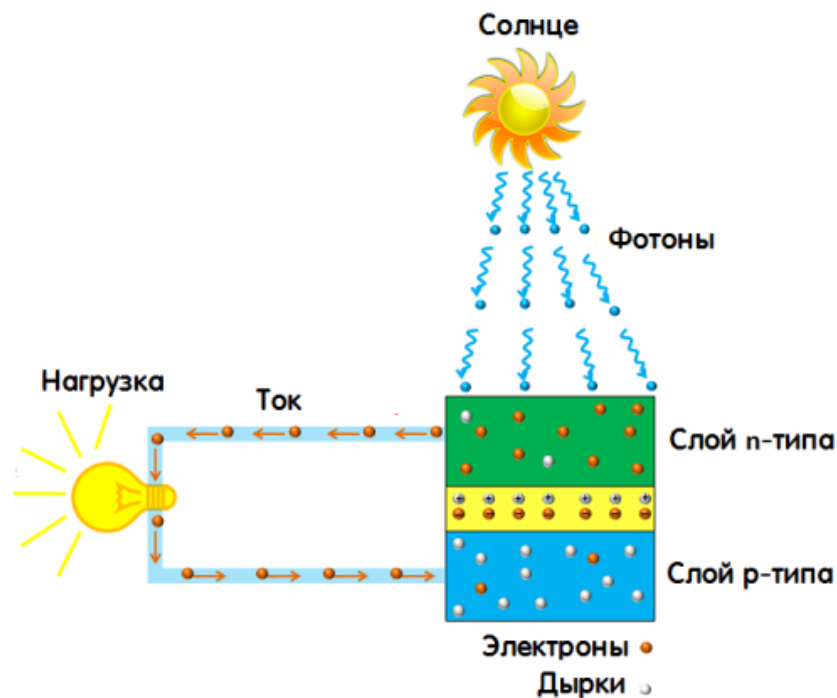


Рисунок 1 – Преобразование солнечной энергии

С самого начала очевидно, что источником энергии здесь является солнечный свет, или, выражаясь научным языком, электрическая энергия получается благодаря фотонам солнечного излучения. Эти фотоны можно представить себе как непрерывно движущийся от Солнца поток

элементарных частиц, каждая из которых обладает энергией, и следовательно весь световой поток несет в себе какую-то энергию.

С каждого квадратного метра поверхности Солнца непрерывно излучается по 63 МВт энергии в форме излучения! Максимальная интенсивность этого излучения приходится на диапазон видимого спектра - волны с длиной от 400 до 800 нм.

Так вот, ученые определили, что плотность энергии потока солнечного света на расстоянии от Солнца до Земли в 149600000 километров, после его прохождения через атмосферу, и по достижении поверхности нашей планеты, составляет в среднем приблизительно 900 Вт на квадратный метр.

Здесь эту энергию можно принять и попытаться получить из нее электричество, то есть преобразовать энергию светового потока Солнца - в энергию движущихся заряженных частиц, проще говоря - в электрический ток.



Рисунок 2 – Установка солнечных батарей

Для преобразования света в электричество нам потребуется фотоэлектрический преобразователь. Такие преобразователи очень распространены, они встречаются в свободной продаже, это так

называемые солнечные ячейки — фотоэлектрические преобразователи в виде вырезанных из кремния пластин.

Лучшие — монокристаллические, они обладают КПД порядка 18%, то есть если поток фотонов от солнца обладает плотностью энергии в 900 Вт/кв.м, то можно рассчитывать на получение 160 Вт электричества с квадратного метра батареи, собранной из таких ячеек.

Работает здесь явление, называемое «фотоэффектом». Фотоэффект или фотоэлектрический эффект — это явление испускания электронов веществом (явление вырывания электронов из атомов вещества) под действием света или любого другого электромагнитного излучения.

Еще в 1900 году Макс Планк, отец квантовой физики, выдвинул предположение, что свет излучается и поглощается отдельными порциями или квантами, которые позже, а именно в 1926 году, химик Гилберт Льюис назовет «фотонами».

Каждый фотон обладает энергией, которая может быть определена по формуле  $E = h\nu$  — постоянная Планка умножить на частоту излучения.

В соответствии с идеей Макса Планка стало объяснимым явление, открытое в 1887 году Герцем, и исследованное затем досконально с 1888 по 1890 год Столетовым. Александр Столетов экспериментально изучил фотоэффект и установил три закона фотоэффекта (законы Столетова):

- При неизменном спектральном составе электромагнитных излучений, падающих на фотокатод, фототок насыщения пропорционален энергетической освещённости катода (иначе: число фотоэлектронов, выбиваемых из катода за 1 с, прямо пропорционально интенсивности излучения).
- Максимальная начальная скорость фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего света, а определяется только его частотой.
- Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта, то есть минимальная частота света (зависящая от химической природы вещества и состояния поверхности), ниже которой фотоэффект невозможен.

Позже, в 1905 году, теорию фотоэффекта прояснит Эйнштейн. Он покажет, как квантовая теория света и закон сохранения и превращения энергии превосходно объясняют происходящее и наблюдаемое.

Работы выхода — это минимальная работа, которую необходимо совершить электрону чтобы покинуть атом вещества. Второе слагаемое — кинетическая энергия электрона после выхода.

То есть фотон поглощается электроном атома, благодаря чему кинетическая энергия электрона в атоме возрастает на величину энергии поглощенного фотона.

Часть этой энергии расходуется на выход электрона из атома, электрон выходит из атома и получает возможность свободно двигаться. А направленно движущиеся электроны — это ни что иное, как электрический ток или фототок. В итоге можно говорить о возникновении ЭДС в веществе в результате фотоэффекта.

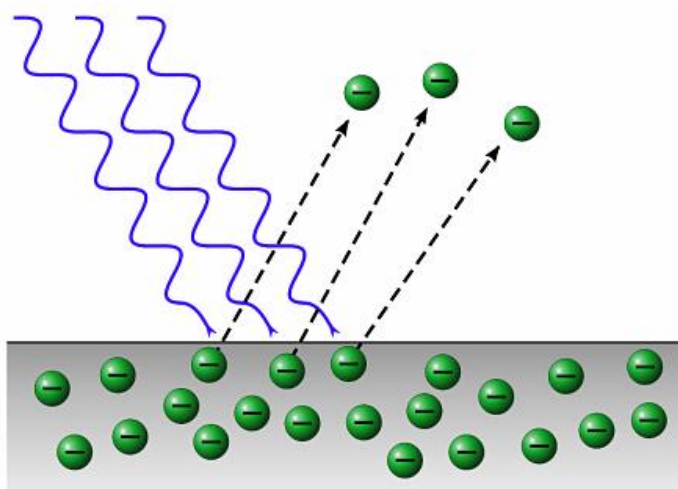


Рисунок 3 – Выход электронов

Стало быть, солнечная батарея работает благодаря действующему в ней фотоэффекту. Но куда движутся «выбитые» электроны в фотоэлектрическом преобразователе? Фотоэлектрический преобразователь или солнечная ячейка или фотоэлемент — это полупроводник, следовательно фотоэффект в нем происходит необычно, это внутренний фотоэффект, и он имеет даже специальное название «вентильный фотоэффект».

Под действием солнечного света в р-п переходе полупроводника возникает фотоэффект и появляется ЭДС, но электроны не покидают фотоэлемент, все происходит в запирающем слое, когда электроны покидают одну часть тела, переходя в другую его часть.

Кремния в земной коре 30% от ее массы, поэтому его всюду и используют. Особенность полупроводников вообще заключается в том, что они и не проводники и не диэлектрики, их проводимость зависит от концентрации примесей, от температуры и от воздействия излучений.

Ширина запрещенной зоны в полупроводнике составляет несколько электрон-вольт, и это как раз разность энергий между верхним уровнем валентной зоны атомов, откуда вырываются электроны, и нижним уровнем зоны проводимости. У кремния запрещенная зона имеет ширину 1,12 эВ — как раз то что нужно для поглощения солнечного излучения.

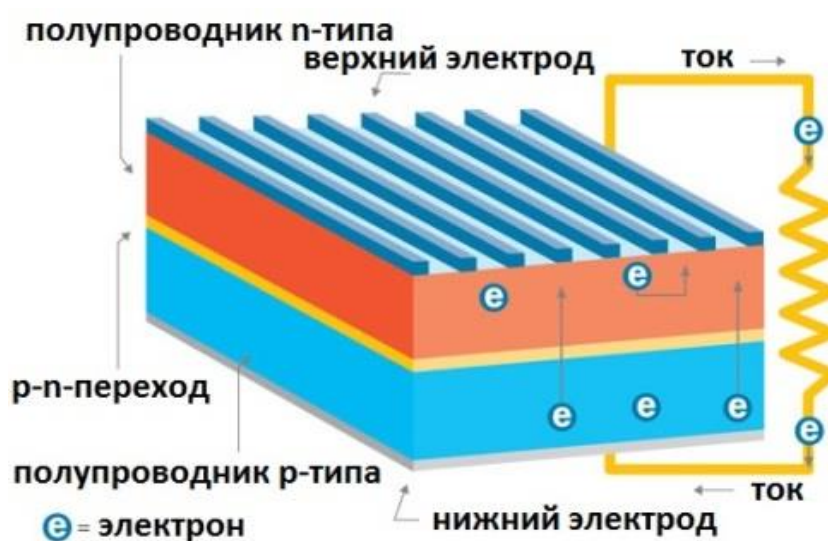


Рисунок 4 – Фотоэлемент

Итак, р-п переход. Легированные слои кремния в фотоэлементе образуют р-п переход. Здесь получается энергетический барьер для электронов, они покидают валентную зону и движутся только в одном направлении, в противоположном направлении движутся дырки. Так и получается ток в солнечном элементе, то есть имеет место генерация электроэнергии из солнечного света.



P-n переход, подвергаемый действию фотонов, не позволяет носителям заряда — электронам и дыркам — двигаться иначе, чем только в одном направлении, они разделяются и оказываются по разные стороны от барьера. И будучи присоединен к цепи нагрузки посредством верхнего и нижнего электродов, фотоэлектрический преобразователь, подвергаемый действию солнечного света, создаст во внешней цепи постоянный электрический ток.

## **2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИЯ ВЕТРА**

Ветроэнергетика — отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве. Такое преобразование может осуществляться такими агрегатами, как ветрогенератор (для получения электрической энергии), ветряная мельница (для преобразования в механическую энергию), парус (для использования в транспорте) и другими.

Энергию ветра относят к возобновляемым видам энергии, так как она является следствием активности Солнца. Ветроэнергетика является бурно развивающейся отраслью. К началу 2016 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 432 гигаватта и, таким образом, превзошла суммарную установленную мощность атомной энергетики (однако на практике использованная в среднем за год мощность ветрогенераторов (КИУМ) в несколько раз ниже установленной мощности, в то время как АЭС почти всегда работает в режиме установленной мощности). В 2014 году количество электрической энергии, произведённой всеми ветрогенераторами мира, составило 706 тераватт-часов (3 % всей произведённой человечеством электрической энергии).

Крупные ветряные электростанции включаются в общую сеть, более мелкие используются для снабжения электричеством удалённых районов. В

отличие от ископаемого топлива, энергия ветра практически неисчерпаема, повсеместно доступна и более экологична. Однако, сооружение ветряных электростанций сопряжено с некоторыми трудностями технического и экономического характера, замедляющими распространение ветроэнергетики. В частности, непостоянство ветровых потоков не создаёт проблем при небольшой пропорции ветроэнергетики в общем производстве электроэнергии, однако при росте этой пропорции, возрастают также и проблемы надёжности производства электроэнергии. Для решения подобных проблем используется интеллектуальное управление распределением электроэнергии.



Рисунок 5 - Ветрогенератор в сельской местности

Возрождение интереса к ветроэнергетике началось в 1970-х после нефтяного кризиса 1973 года. Кризис продемонстрировал зависимость многих стран от импорта нефти и привел к поиску вариантов снижения этой зависимости.

Технический потенциал ветровой энергии России оценивается свыше 50 000 млрд кВт·ч/год. Экономический потенциал составляет примерно 260 млрд кВт·ч/год, то есть около 30 процентов производства электроэнергии всеми электростанциями России.

Энергетические ветровые зоны в России расположены, в основном, на побережье и островах Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, в районах Нижней и Средней Волги и Дона, побережье Каспийского, Охотского, Баренцева, Балтийского, Чёрного и

Азовского морей. Отдельные ветровые зоны расположены в Карелии, на Алтае, в Туве, на Байкале.

Максимальная средняя скорость ветра в этих районах приходится на осенне-зимний период — период наибольшей потребности в электроэнергии и тепле. Около 30 % экономического потенциала ветроэнергетики сосредоточено на Дальнем Востоке, 14 % — в Северном экономическом районе, около 16 % — в Западной и Восточной Сибири.

Мощность ветрогенератора зависит от площади, ометаемой лопастями генератора, и высоты над поверхностью. Например, турбины мощностью 3 МВт (V90) производства датской фирмы Vestas имеют общую высоту 115 метров, высоту башни 70 метров и диаметр лопастей 90 метров.

Воздушные потоки у поверхности земли/моря являются турбулентными — нижележащие слои тормозят расположенные выше. Этот эффект заметен до высоты 2 км, но резко снижается уже на высотах больше 100 метров. Высота расположения генератора выше этого приземного слоя одновременно позволяет увеличить диаметр лопастей и освобождает площади на земле для другой деятельности.

Наибольшее распространение в мире получила конструкция ветрогенератора с тремя лопастями и горизонтальной осью вращения, хотя кое-где ещё встречаются и двухлопастные. Наиболее эффективной конструкцией для территорий с малой скоростью ветровых потоков признаны ветрогенераторы с вертикальной осью вращения, т. н. роторные, или карусельного типа. Сейчас все больше производителей переходят на производство таких установок, так как далеко не все потребители живут на побережьях, а скорость континентальных ветров обычно находится в диапазоне от 3 до 12 м/с. В таком ветро режиме эффективность вертикальной установки намного выше. Стоит отметить, что у вертикальных ветрогенераторов есть ещё несколько существенных преимуществ: они практически бесшумны, и не требуют совершенно никакого обслуживания, при сроке службы более 20 лет. Системы

торможения, разработанные в последние годы, гарантируют стабильную работу даже при периодических шквальных порывах до 60 м/с.

К началу 2019 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов превысила 600 гигаватт. Среднее увеличение суммы мощностей всех ветрогенераторов в мире, начиная с 2009 года, составляет 38-40 гигаватт за год и обусловлено бурным развитием ветроэнергетики. Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты.

---

Основная часть стоимости ветроэнергии определяется первоначальными расходами на строительство сооружений ВЭУ.

Ветряные генераторы в процессе эксплуатации не потребляют ископаемого топлива. Работа ветрогенератора мощностью 1 МВт за 20 лет позволяет сэкономить примерно 29 тыс. тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти.

В большинстве регионов России среднегодовая скорость ветра не превышает 5 м/с, в связи с чем привычные ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения практически не применимы — их стартовая скорость начинается с 3-6 м/с, и получить от их работы существенное количество энергии не удастся. Однако на сегодняшний день все больше производителей ветрогенераторов предлагают т. н. роторные установки, или ветрогенераторы с вертикальной осью вращения. Принципиальное отличие состоит в том, что вертикальному генератору достаточно 1 м/с чтобы начать вырабатывать электричество. Развитие этого направления снимает ограничения по использованию энергии ветра в целях электроснабжения. Наиболее прогрессивная технология — сочетание в одном устройстве генераторов двух видов — вертикального ветрогенератора и солнечных батарей. Дополняя друг друга, совместно они гарантируют производство

достаточного количества электроэнергии на любых территориях и в любых климатических условиях. Достаточных, например, для уличного освещения или питания объектов инженерно-технической инфраструктуры (базовые станции сотовой связи, пункты наблюдения, погодные и метеостанции и так далее).

---

Ветроэнергетика является нерегулируемым источником энергии. Выработка ветроэлектростанции зависит от силы ветра — фактора, отличающегося большим непостоянством. Соответственно, выдача электроэнергии с ветрогенератора в энергосистему отличается большой неравномерностью как в суточном, так и в недельном, месячном, годовом и многолетнем разрезах. Учитывая, что энергосистема сама имеет неоднородности нагрузки (пики и провалы энергопотребления), регулировать которые ветроэнергетика, естественно, не может, введение значительной доли ветроэнергетики в энергосистему способствует её дестабилизации. Понятно, что ветроэнергетика требует резерва мощности в энергосистеме (например, в виде газотурбинных электростанций), а также механизмов сглаживания неоднородности их выработки (в виде ГЭС или ГАЭС). Данная особенность ветроэнергетики существенно удорожает получаемую от них электроэнергию. Ветрогенераторы изымают часть кинетической энергии движущихся воздушных масс, что приводит к снижению скорости их движения. При массовом использовании ветряков (например, в Европе) это замедление теоретически может оказывать заметное влияние на локальные (и даже глобальные) климатические условия местности. В частности, снижение средней скорости ветров способно сделать климат региона чуть более континентальным за счет того, что медленно движущиеся воздушные массы успевают сильнее нагреться летом и охладиться зимой. Также отбор энергии у ветра может способствовать изменению влажностного режима прилегающей территории. Впрочем, учёные пока только разворачивают исследования в этой области, научные работы, анализирующие эти аспекты, не дают количественную оценку

воздействия широкомасштабной ветряной энергетики на климат, однако позволяют заключить, что оно может быть не столь пренебрежимо малым, как полагали ранее.

Ветряные энергетические установки производят две разновидности шума:

- механический шум — шум от работы механических и электрических компонентов (для современных ветроустановок практически отсутствует, но является значительным в ветроустановках старших моделей)
- аэродинамический шум — шум от взаимодействия ветрового потока с лопастями установки (усиливается при прохождении лопасти мимо башни ветроустановки)

В настоящее время при определении уровня шума от ветроустановок пользуются только расчётными методами. Метод непосредственных измерений уровня шума не даёт информации о шумности ветроустановки, так как эффективное отделение шума ветроустановки от шума ветра в данный момент невозможно.

В непосредственной близости от ветрогенератора у оси ветроколеса уровень шума достаточно крупной ветроустановки может превышать 100 дБ.

Низкочастотные колебания, передающиеся через почву, вызывают ощутимый дребезг стекол в домах на расстоянии до 60 м от ветроустановок мегаваттного класса.

Как правило, жилые дома располагаются на расстоянии не менее 300 м от ветроустановок. На таком расстоянии вклад ветроустановки в инфразвуковые колебания уже не может быть выделен из фоновых колебаний.

При эксплуатации ветроустановок в зимний период при высокой влажности воздуха возможно образование ледяных наростов на лопастях. При пуске ветроустановки возможен разлёт льда на значительное расстояние. Как правило, на территории, на которой возможны случаи обледенения

лопастей, устанавливаются предупредительные знаки на расстоянии 150 м от ветроустановки.

Кроме того, в случае легкого обледенения лопастей были отмечены случаи улучшения аэродинамических характеристик профиля.

Визуальное воздействие ветрогенераторов — субъективный фактор. Для улучшения эстетического вида ветряных установок во многих крупных фирмах работают профессиональные дизайнеры. Ландшафтные архитекторы привлекаются для визуального обоснования новых проектов.

В обзоре, выполненном датской фирмой АКФ, стоимость воздействия шума и визуального восприятия от ветрогенераторов оценена менее 0,0012 евро на 1 кВт·ч. Обзор базировался на интервью, взятых у 342 человек, живущих поблизости от ветряных ферм. Жителей спрашивали, сколько они заплатили бы за то, чтобы избавиться от соседства с ветрогенераторами.

Ветровые турбины можно разделить на три класса: малые, средние и крупные. Небольшие ветровые турбины способны генерировать 50-60 кВт мощности и использовать роторы диаметром от 1 до 15 м. Они в основном используются в отдаленных районах, где есть потребность в электричестве.

Большинство ветряных турбин являются турбинами среднего размера. Они используют роторы диаметром 15-60 м и имеют мощность между 50-1500 кВт. Большинство коммерческих турбин генерируют мощность от 500 кВт до 1500 кВт.

Большие ветровые турбины имеют роторы, которые измеряют диаметры 60-100 м и способны генерировать энергию на 2-3 МВт. На практике было показано, что эти турбины менее экономичны и менее надежны, чем средние. Большие ветровые турбины производят до 1,8 МВт и могут иметь поддон более 40 м, башни 80 м.

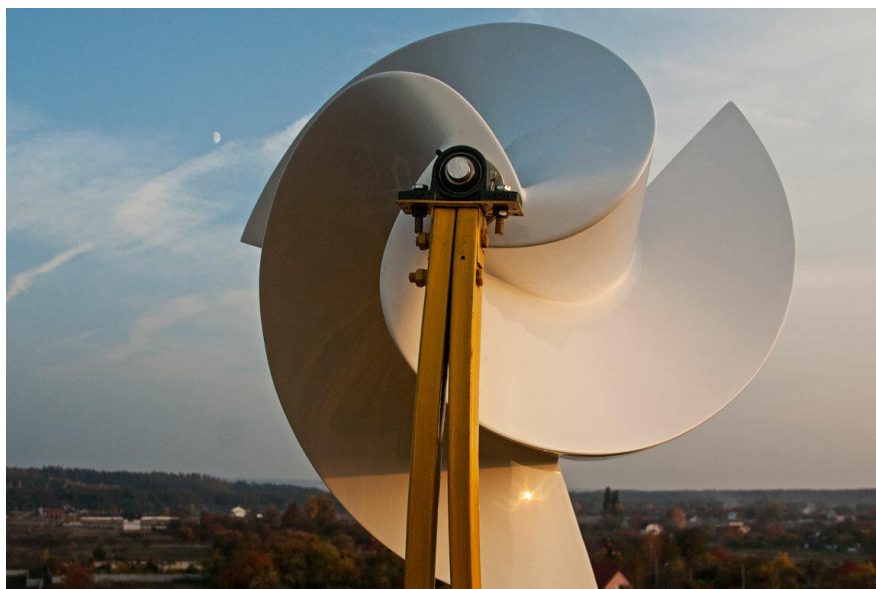


Рисунок 6 – Ветрогенератор с ротом

Некоторые турбины могут производить 5 МВт, хотя для этого требуется скорость ветра около 5,5 м / с или 20 км / ч. Немногие районы на Земле имеют эти скорости ветра, но более сильные ветры можно найти на больших высотах и в океанических районах.

Энергия ветра - это чистая и возобновляемая энергия, но она прерывистая, с вариациями в течение дня и сезона, и даже от года к году. Ветряные турбины работают около 60% в год в ветреных регионах. Для сравнения, угольные заводы работают примерно на 75-85% от общей мощности.

Большинство турбин производят энергию более 25% времени, этот процент растет зимой, когда более сильные ветры.

В случаях, когда ветряные турбины подключены к большим электрическим сетям, прерывистый характер энергии ветра не влияет на потребителей. Безветровые дни компенсируются другими источниками энергии, такими как угольные электростанции или гидроэлектростанции, которые подключены к сетке.



### 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИЯ ПРИЛИВОВ И ОТЛИВОВ

Под влиянием приливообразующих сил Луны и Солнца в океанах и морях возбуждаются приливы. Они проявляются в периодических колебаниях уровня воды и в ее горизонтальном перемещении (приливные течения). В соответствии с этим энергия приливов складывается из потенциальной энергии воды, выведенной из положения равновесия, и из кинетической энергии движущейся воды. Величины потенциальной и кинетической энергии имеют примерно один и тот же порядок и равны около  $5 \cdot 25 \cdot 10^{24}$  эрг. При расчетах энергетических ресурсов Мирового океана для их использования в конкретных целях, например для производства электроэнергии, вся энергия приливов оценивается в 1 млрд. кВт, тогда как суммарная энергия всех рек земного шара равна 850 млн. кВт. Колоссальные энергетические мощности океанов и морей представляют собой очень большую природную ценность для человека.

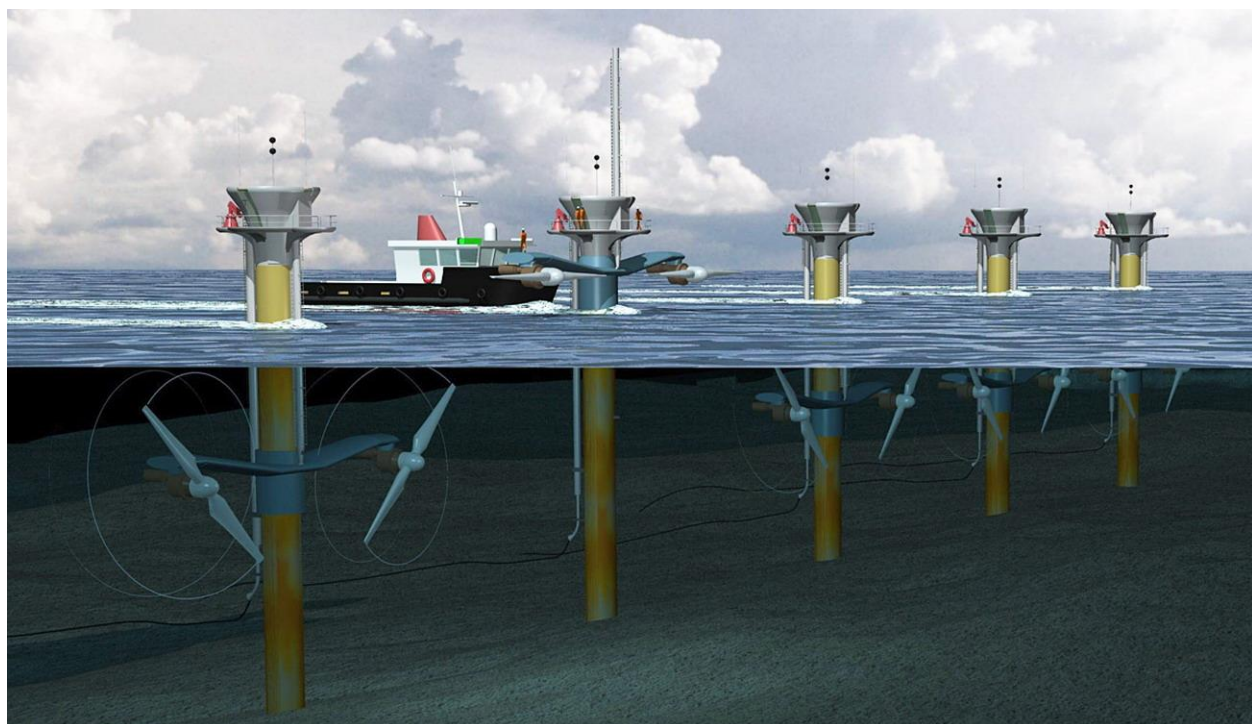


Рисунок 7 – Энергия приливов и отливов

С давних времен люди стремились овладеть энергией приливов. Уже в средние века ее начали использовать для практических целей. Первыми сооружениями, механизмы которых приводились в движение приливной энергией, были мельницы и лесопилки, появившиеся в X-XI вв. на берегах Англии и Франции. Принцип их действия был основан на использовании потенциальной энергии приливов. Несложна была и конструкция этих устройств. Обычно небольшая бухта на морском побережье перегораживалась дамбой, отделявшей бассейн от моря. В дамбе располагались отверстия с затворами и приливная мельница. Во время прилива вода через открытые отверстия в дамбе заполняла бассейн. При отливе уровень воды со стороны моря понижался, но в бассейне вода задерживалась, так как отверстия в дамбе закрывались. Уровень воды в бассейне в это время был выше, чем в море, и вода из бассейна, устремляясь в море через отверстия в мельничном колесе, вращала его. Во время прилива затворы в отверстиях дамбы открывались и вода вновь наполняла бассейн. Разность уровней в море и в бассейне исчезала, и мельница переставала работать. С отливом начинался следующий цикл работы мельницы. Такой прерывистый ритм работы был допустим для примитивных сооружений далекого прошлого, которые выполняли простые, но полезные для своего времени функции.

Однако он малоприменим для современного промышленного производства, поэтому энергию приливов попытались использовать для получения более удобной электрической энергии. Но для этого надо было создать на берегах океанов и морей приливные электростанции (ПЭС).

Однако создание их сопряжено с большими трудностями. Прежде всего они связаны с характером приливов, на которые влиять невозможно, так как они зависят от астрономических причин, от особенностей очертаний берегов, рельефа дна и т.п. В одних районах полная и малая вода наступает один раз в сутки (суточный прилив). В других районах это происходит дважды в сутки (полусуточный прилив). Есть районы, где сроки наступления полной и малой

воды смещаются (смешанный прилив). Кроме того, в течение семи дней, когда Луна, Солнце и Земля находятся на одной прямой, создается наибольший (сизигийный) прилив, а когда прямые, соединяющие Землю с Луной и Солнцем, образуют прямой угол, наступает наименьший (квадратурный) прилив. На одних участках побережья Мирового океана уровень воды во время прилива повышается на 15-18 м, на других его высота достигает лишь 10-20 см. Цикл приливов определяется лунными сутками, тогда как режим энергопотребления связан с производственной деятельностью и бытом людей и зависит от солнечных суток, которые короче лунных на 50 минут. Отсюда максимум и минимум приливной электроэнергии наступает в разное время, что очень неудобно для ее использования. И наконец, энергетическое значение имеют приливы, в результате которых разность уровней в полную и малую воду составляет 0,5 м. Это встречается далеко не везде и не всегда.

Несмотря на все эти трудности, люди настойчиво пытаются овладеть энергией морских приливов. К настоящему времени предложено около 300 различных технических проектов строительства ПЭС. Наиболее рациональным и экономически эффективным решением специалисты считают применение в ПЭС поворотно-лопастной (обратимой) турбины, идея которой впервые была предложена ещё советскими учеными.

Такие турбины — их называют погруженными или капсульными агрегатами — способны действовать не только как турбины на оба направления потока, но и как насосы для подкачки воды в бассейн. Это позволяет регулировать их эксплуатацию в зависимости от времени суток, высоты и фазы прилива, удаляясь от лунного ритма приливов и приближаясь к периодичности солнечного времени, по которому живут и работают люди. С помощью этих агрегатов вода подкачивается в бассейн и ночью, когда ПЭС может работать не на полную мощность, так как потребность в энергии невелика, а вода используется для производства электроэнергии в основном в часы «пиковых» нагрузок. Тем самым решается один из существенных

экономических вопросов эксплуатации ПЭС: окупаются затраты на электроэнергию, питающую насосы.

Однако обратимые турбины не компенсируют уменьшение силы прилива от сизигии к квадратуре, что вызывает периодическое изменение мощности ПЭС и затрудняет ее эксплуатацию. Действительно, немалые сложности возникнут в работе территориальной энергосистемы, если в нее включена электростанция, мощность которой изменяется 3-4 раза в течение двух недель. Особенно неблагоприятны такие пульсации для электростанций больших мощностей.

Советские энергетики показали, что эту трудность можно преодолеть, если совместить работу приливных и речных электростанций, имеющих водохранилища многолетнего регулирования. Ведь энергия приливов непостоянна в течение суток и от суток к суткам, но в среднемесячных величинах она постоянна для любого месяца и года. Энергия рек колеблется по сезонам и из года в год. При спаренной работе ПЭС и ГЭС энергия моря придет на помощь ГЭС в маловодные сезоны и годы, а энергия рек заполнит межсуточные провалы в работе ПЭС.

Далеко не в любом районе земного шара есть условия для строительства гидроэлектростанций с водохранилищами многолетнего регулирования, поэтому с такими ГЭС рентабельно объединять приливные станции только большой мощности. Они должны входить в объединенные энергосистемы крупных районов, стран и даже континентов. Использование в едином комплексе приливных, речных, тепловых и атомных электростанций не только позволит увеличить выработку электроэнергии, но и обеспечит возможность наиболее эффективной работы станций последних двух видов. Это в свою очередь служит определенным экономическим обоснованием более высокой стоимости сооружения ПЭС по сравнению с ГЭС. Исследования показали, что передача приливной электроэнергии из прибрежной зоны в центральные части материков будет оправданной для некоторых районов Западной Европы, США, Канады, Южной Америки. В

этих районах ПЭС можно объединить с ГЭС, уже имеющими большие водохранилища, или создать ГЭС. В таком комплексном инженерном (капсульные агрегаты) и природно-климатическом (объединенные энергосистемы) подходе лежит ключ к решению проблемы использования приливной энергии. В настоящее время началось практическое освоение энергии приливов, чему в немалой степени способствовали усилия ещё советских ученых, позволившие реализовать идею превращения приливной энергии в электрическую в промышленном масштабе.

Первая в мире промышленная ПЭС мощностью 240 тыс. кВт построена и введена в действие в 1967 г. во Франции. Она расположена на берегу Ла-Манша, в Бретани, в устье реки Ране, где величина, прилива (разность уровней в полную и малую воду) достигает 13,5 м. Ширина реки здесь 750 м. Плотина ПЭС пролегает между мысом Ла-Бреби на левом и мысом Бриангэ на правом берегу с опорой на островок Шалибер. В теле плотины находятся 24 капсульных агрегата мощностью по 10000 кВт каждый. Площадь бассейна — 22 км<sup>2</sup>. Во время прилива в него поступает 184 млн. м<sup>3</sup> воды. Почти вся мощность этой ПЭС вырабатывается в часы «пикового» потребления электроэнергии и достигает 544 млн. кВт-ч в год, но стоимость ее пока еще выше, чем на атомных электростанциях. Вместе с тем энергия в часы «пик» стоит здесь довольно дорого, что послужило одним из аспектов для обоснования сооружения ПЭС в этом районе Франции.

Многолетняя эксплуатация первенца приливной энергетики доказала реальность сооружения, выявила достоинства и недостатки (в частности, относительно небольшая мощность) таких станций. В связи с этим во многих странах созданы и продолжают разрабатываться новые проекты мощных и сверхмощных промышленных ПЭС. По определению специалистов, в 23 странах мира имеются подходящие районы для их строительства. Однако, несмотря на множество проектов, промышленные ПЭС еще не сооружаются.

Широкое развитие приливной энергетики в настоящее время помимо природных трудностей сдерживают серьезные экономические и социально-

политические причины. Строительство ПЭС требует крупных первоначальных капиталовложений, что не всегда возможно осуществить. Рентабельны приливные станции мощностью 3-15 млн. кВт и выше в сочетании с электростанциями других типов, для чего требуются большие энергопотребляющие предприятия. Далеко не все страны располагают высокоразвитым энергоемким производством и достаточно мощными электростанциями, способными быть партнерами для ПЭС. Поэтому в рамках международного или межгосударственного сотрудничества предпринимаются попытки создать на правах долевого участия объединенные энергосистемы с включением в них ПЭС и совместно использовать их электроэнергию. Однако противоречия между капиталистическими странами затрудняют реализацию этих проектов. При всех достоинствах ПЭС (для них не требуется создания водохранилищ и затопления полезных территорий суши, их работа не загрязняет окружающую среду и т. п.) их доля практически неощутима в современном энергетическом балансе. Однако прогресс в освоении приливной энергии уже отчетливо выражен и в перспективе станет более значительным.

#### **4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ**

Температура Земли увеличивается с глубиной, в среднем на 30...35оС при погружении на каждую тысячу метров. В отдельных регионах планеты с «молодыми» горными породами, с вулканической деятельностью и землетрясениями, градиент повышения температуры гораздо больше, высокотемпературные слои залегают на малой глубине. Расплавленная лава иногда вытекает на поверхность при извержении вулканов. Если через пористые породы и трещины земной коры в высокотемпературные слои затекает вода, на поверхность вырываются струи пара и горячей воды – гейзеры.



Рисунок 8 -ГеоТЭС

Суммарная геотермальная энергия, поступающая из недр Земли к ее поверхности, оценивается в 32 тысячи ГВт.

В 1904 году впервые в Италии пар геотермального происхождения был использован для выработки электроэнергии на паросиловой установке.

В настоящее время ГеоТЭС «Лардерелло» в Италии имеет мощность около 400 МВт. Геотермальная энергетика развивалась в ряде стран. В первые годы XXI столетия в мире работали 233 ГеоТЭС, их суммарная мощность составляла 5136 МВт, строятся еще 117 станций общей мощностью 2017МВт.

Помимо выработки электроэнергии, теплота Земли может использоваться также для теплоснабжения. С 1943 года начаты работы по теплофикации термальными водами в Исландии, сейчас столица страны Рейкьявик с населением 90 тыс. человек практически полностью отапливается за счет внутренней теплоты Земли. В г. Кизляр (Дагестан) в

1988 г. создана система отопления и горячего водоснабжения поселка из 15 жилых домов, промышленных и коммунальных предприятий.

Россия обладает потенциальными запасами геотермальной энергии в вулканических районах на Камчатке, Курильских островах и на платформенных предгорных участках в ряде регионов. Годовой топливный эквивалент геотермальных источников, годных для использования (с содержанием солей в теплоносителе менее 10 г на литр) на Кавказе и в предкавказье оценивается в 2 млн. т условного топлива, на Камчатке и Курилах в 1,8 млн.т, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке в 3,4 млн т, в Западной Сибири в 10 млн. т. Под Западной Сибирью на громадной площади в 3 млн. км<sup>2</sup> обнаружено целое подземное море с температурой воды 60...110оС. До последнего времени дешевизна органического топлива приводила к тому, что эти ресурсы использовались очень слабо (Мутновская и Паужетская ГеоТЭС на Камчатке, системы геотермального теплоснабжения на Кавказе).

Самые высокие параметры теплоносителя (водяного пара) имеют место на одном из месторождений Мексики на глубине 1500 метров – температура 365С, давление 5,5 МПа. Для российских скважин глубиной от 500м до 3 км характерны пароводяные смеси со степенью сухости от 20 до 50%, с температурами до 250оС и энтальпиями в пределах 1500...2600 кДж/кг. Одиночная скважина Мутновской ГеоТЭС дает до 80 т пароводяной смеси в час, она способна обеспечить паротурбинный блок мощностью до 10 МВт. Важным преимуществом геотермальной энергии является независимость от времени суток и года, климатической зоны, метеорологических условий. К недостаткам геотермальной энергетики относятся минерализация пароводяной смеси, насыщенность газами (в том числе, ядовитым сероводородом), большим количеством мельчайших твердых частиц.



## 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПЛИВО

Энергия биомассы является «растущим» источником энергии во многих странах по всему миру. Она может быть получена из многих видов органических веществ, и этот продукт можно использовать для обеспечения более чистой альтернативы традиционным источникам электроэнергии. Однако существует также ряд недостатков, связанных с энергией биомассы.

Энергия биомассы – относительно чистый, возобновляемый источник энергии, включающий использование органического вещества, которое собирало энергию от Солнца и превращало его в химическую энергию, когда оно было живым. Это возобновляемый источник, поскольку объект постоянно растет и поглощает энергию Солнца, особенно там, где выращиваются сельскохозяйственные культуры биомассы. Большая часть энергии биомассы поступает из растений, которые собрали энергию Солнца в процессе фотосинтеза. Эта форма энергии используется людьми в течение тысяч лет, так как люди начали сжигать древесину, получая тепло. Прогресс в технологии позволил использовать энергию биомассы в широком спектре применений, включая жидкости и газы, используемые в качестве биотоплива для транспорта.

Одним из основных преимуществ энергии биомассы является то, что она производит меньшее количество вредных парниковых газов, чем альтернативы на основе ископаемого топлива. Энергия биомассы производит меньше углерода, чем энергия ископаемого топлива. Уровни выбросов парниковых газов и двуокиси углерода также могут быть уменьшены за счет использования источников энергии биомассы, поскольку эти газы вырабатываются органическим веществом, если его оставляют распадаться без использования для какой-либо цели.

Еще одним экологическим преимуществом энергии биомассы является то, что она производит более низкие уровни двуокиси серы, которая является основным компонентом кислотных дождей. Энергия биомассы легко устойчива, если культуры обрабатываются и управляются эффективно, и доступна везде, где растения могут выращиваться. Еще одно преимущество энергии биомассы заключается в том, что ее можно использовать для различных целей, включая производство тепла, топлива для автомобилей и производство электроэнергии.

Одним из недостатков энергии биомассы является объем пространства, который она требует. Для выращивания некоторых культур биомассы требуется много земли и воды, и, когда они вырастут, продукт нуждается в большом объеме хранилища, прежде чем превратиться в энергию. Другим недостатком является то, что энергия биомассы не совсем чиста. Некоторые парниковые газы все еще производятся; хотя уровни этих газов намного меньше, чем выбросы ископаемых видов топлива.

Еще один недостаток производства топлива из биомассы заключается в том, что он довольно дорогостоящий и включает расходы, в том числе оплату большого количества задействованных ресурсов и транспортных расходов, поскольку этот вид энергии должен производиться вблизи того места, где произрастает источник.

Биотопливом называется топливо, которое извлекают путем обработки биомассы биологическим (посредством бактерий) или термохимическим способом. Как биомасса используется растительное или животное сырье, а также органические промышленные отходы или продукты жизнедеятельности организмов. На сегодняшний день наиболее используемые источники биотоплива — это растения или отходы деревопереработки.

По своему агрегатному состоянию биотопливо бывает твердым, жидким и газообразным.

## **Твердое**

Одним из наиболее известных источников твердого биотоплива являются дрова, которые местами до сих пор используют для получения тепловой и электрической энергии. Несмотря на разработку проектов по выращиванию так называемых энергетических лесов, большим вниманием начинает пользоваться способ получения биотопливных брикетов и гранул из продуктов деревопереработки.

Так, первые производят из различных биоотходов (птичий помет или навоз). Эти отходы высушиваются и прессуются соответствующим образом, после чего используются для обогрева жилых и производственных помещений. Аналогичным образом производят и топливные гранулы, также известные как пеллеты. Сырьем для получения пеллет служат опилки, солома, кора, щепа, а также отходы сельскохозяйственного производства. Так, сырье сначала перемалывается в муку, после поступает в сушилку, а затем в специальный пресс. Там под воздействием высокой температуры и давления лигнин, вещество содержащееся в древесных отходах, становится клейким. В результате этого на выходе получаются готовые небольшие цилиндры экотоплива.

## **Жидкое**

К жидкому биологическому топливу относятся этанол, биобутанол и биометанол, а также биодизель. В большинстве своем его получают из растительного сырья. Так, наибольшее распространение на сегодняшний день в качестве транспортного топлива получили биоэтанол и биодизель. По данным на 2014 год, первый занимал около 74% биотопливного рынка, 23% — принадлежали биодизелю.

Сырьем для биоэтанола служат растения, в которых присутствуют крахмал или сахар, которые подвергаются процессу спиртового брожения. Совместное использование этанола и бензина дает ряд преимуществ для автомобиля. Применение такой смеси лучше сказывается на работе двигателя

и его мощности, предотвращает перегрев мотора, а также препятствует образованию сажи, нагары и дыма.

Тем не менее наиболее предпочтительным топливом для двигателя является биобутанол, который пока не пользуется популярностью. Он производится из того же сырья, однако лучше этанола соединяется с бензином, а также может быть использован в качестве самостоятельного топлива.

Биодизельное топливо получают из сои, рапса, хлопка, водорослей или жирных масел (того же рапсового или пальмового и кокосового). Биодизельное топливо применяется для заправки автомобилей как самостоятельно, так и совместно с обычным дизелем. Кроме отсутствия негативного влияния на экологию, биодизель также содействует более длительной эксплуатации двигателя, из-за присутствия малого количества серы.

### **Газообразное**

На сегодняшний день существуют два вида газообразного топлива — биогаз и биоводород. Наибольшее распространение пока получил только один из них — биогаз.

Биогаз состоит из смеси углекислого газа и метана. Он получается путем ферментации натуральных отходов, среди которых сточные воды и бытовые отходы, навоз, отходы рыбного и забойного цеха, трава и водоросли. На первом этапе производства используемое сырье измельчают до получения однородной массы. Смесь поступает в утепленный реактор, где живут бактерии. В процессе своей жизнедеятельности бактерии выделяют биогаз. Для этого необходимо постоянно перемешивать сырьевую массу и поддерживать температуру в реакторе на уровне 35 — 38 градусов Цельсия. Образовавшийся в результате биогаз направляется в резервуар для хранения, откуда впоследствии через систему очистки подается в котел или электрогенератор.

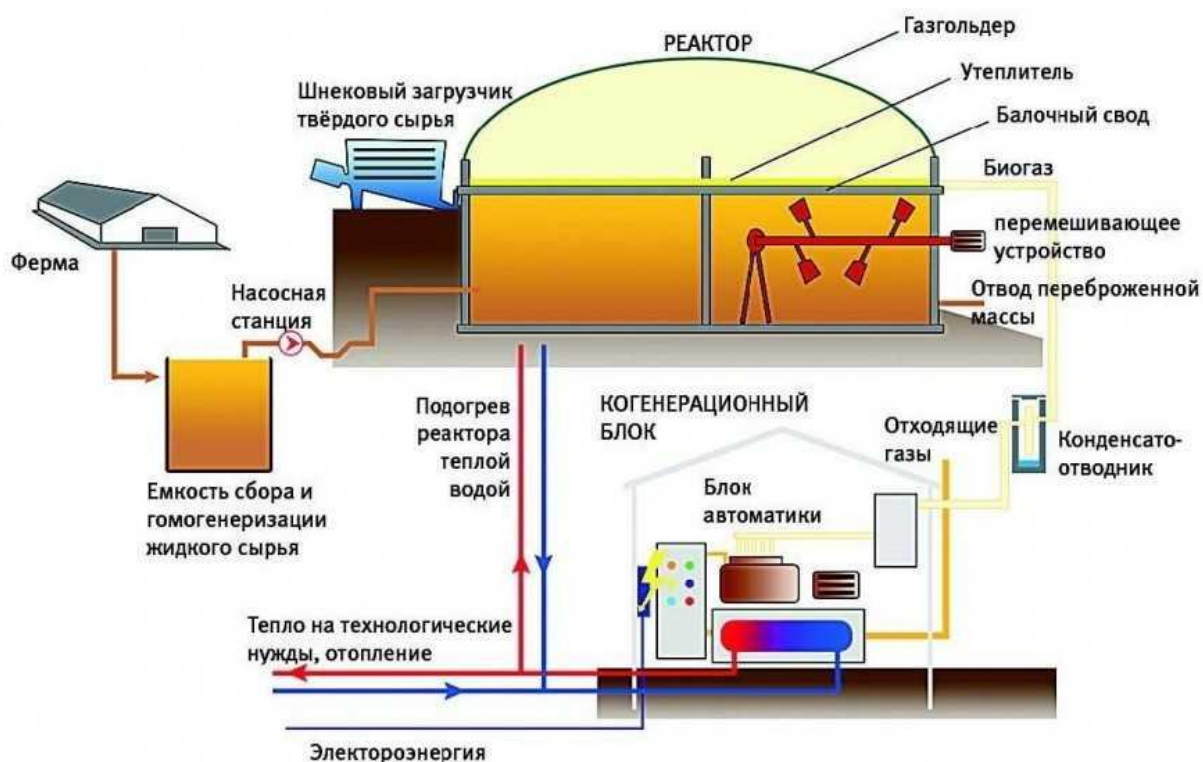


Рисунок 9 – Использование биотоплива

Биоводород получают в результате термохимических, биохимических или биотехнологических реакций. Биоводород используется не так широко. На сегодняшний день он применяется только для получения водородных топливных элементов в электроэнергетике.

Процесс получения биогаза из навоза или другого сырья называется ферментацией, а сбраживание осуществляется за счет жизнедеятельности специальных бактерий. При этом на поверхности сырья образуется корка, которую необходимо постоянно разрушать. Делать это нужно, тщательно перемешивая содержимое вручную или с использованием специальных приборов внутри реактора. В результате подобных манипуляций и высвобождается биогаз.

Полученный биогаз после очистки собирается в специальную емкость — газгольдер, из которой он проводится по газовым трубам к месту использования. Переработанное сырье превращается в биоудобрение. Оно выгружается через специальное отверстие, а затем может вноситься в почву

или использоваться в качестве кормовой добавки для животных, что зависит от исходного сырья.

Чтобы получить биогаз, кроме соблюдения режима отсутствия кислорода следует еще выполнить несколько условий:

- Доступность питательных веществ для бактерий.
- Соблюдение температурного режима.
- Выбор правильного времени для сбраживания.
- Соблюдение кислотного и щелочного баланса.
- Своевременная загрузка и выгрузка сырья.
- Соблюдение пропорций твердых частиц в сырье и своевременное

перемешивание.

**Пирóлиз** (от др.-греч. πῦρ «огонь, жар» + λύσις «разложение, распад») — термическое разложение органических и многих неорганических соединений.

В узком смысле — разложение органических природных соединений при недостатке кислорода (древесины, нефтепродуктов и прочего). Пиролиз может определяться как высокотемпературный (750—800 °С) термолиз углеводов, проводимый при низком давлении и малой продолжительности<sup>[1]</sup>.

В широком смысле под пиролизом понимают высокотемпературный термолиз органических соединений<sup>[2]</sup>.

В наиболее широком смысле — разложение любых соединений на составляющие менее тяжёлые молекулы или химические элементы под действием повышенной температуры. Так, например, теллуристый водород разлагается на водород и теллур уже при температуре около 0 °С.

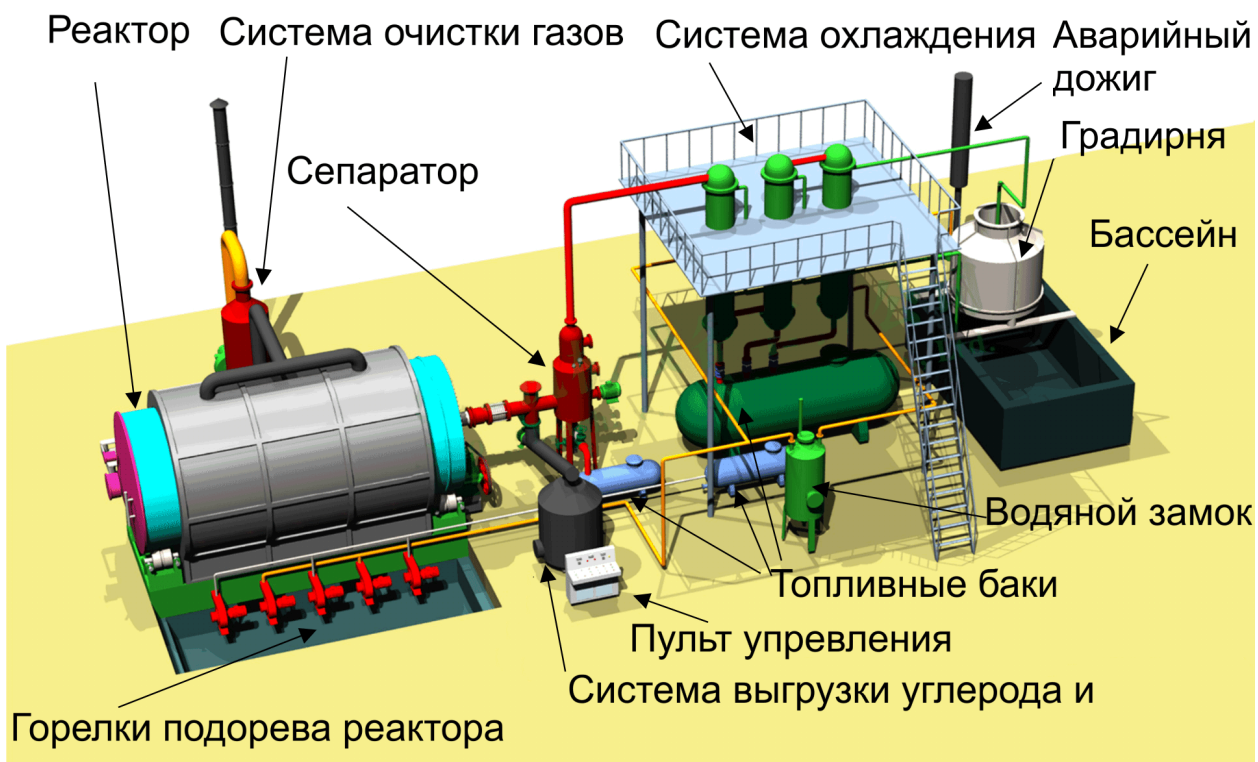


Рисунок 10 – Пиролизная установка

Пиролизные установки предназначены для переработки и утилизации любых углеродосодержащих отходов: шины, пластики, нефтешламы, нефтезагрязненные грунты, отработанные масла, мазут, битум, замасленная окалина, медицинские отходы и др.

Под гидрогенизационными процессами понимают процессы, проводимые под давлением водорода. Первые промышленные установки гидрогенизации были созданы для получения искусственного жидкого топлива (бензина) из углей и тяжелых шол. Процесс проводили под высоким давлением - 30-70 МПа в несколько стадий. Скорость процесса растет с повышением температуры. Минимальная температура, при которой идет реакция — около 320°. В промышленных установках гидрогенизацию проводят при 380—490°. С повышением температуры растут скорости как реакций гидрирования, так и реакций расщепления. Чем выше температура, тем более интенсивно протекают реакции расщепления — повышается выход легких продуктов.

## 6. АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ

Под аккумулярованием (накоплением) энергии понимается ввод какого-либо вида энергии в устройство, оборудование, установку или сооружение в аккумулятор (накопитель) энергии для того, чтобы эту энергию оттуда затем в удобное для потребления время снова в том же или в преобразованном виде получить обратно. Для зарядки аккумулятора энергией иногда нужна дополнительная энергия, и в процессе зарядки могут возникать потери энергии. После зарядки аккумулятор может оставаться в состоянии готовности (в заряженном состоянии), но и в этом состоянии часть энергии может теряться из-за произвольного рассеяния, утечки, саморазряда или других подобных явлений. При отдаче энергии из аккумулятора также могут возникать ее потери; кроме того, иногда невозможно получить обратно всю аккумулярованную энергию. Некоторые аккумуляторы устроены так, что в них и должна оставаться некоторая остаточная энергия.

При искусственном аккумуляровании энергии могут ставиться следующие цели: создание запаса энергии (обычно в виде запасов топлива) при прерывистом поступлении энергоносителей, а также на случаи временного прекращения поставок энергии или возникновении кризисных ситуаций и т. п.; получение большой кратковременной мощности от источников питания ограниченной мощности); осуществление энергоснабжения, не зависящего от внешних источников энергии, например, в средствах передвижения, при использовании переносного и перемещаемого оборудования ; выравнивание переменной нагрузки, например, в поршневых механизмах, при использовании пневматических инструментов, при чрезмерной неравномерности суточных графиков нагрузки энергосистем.

Гидроэнергия является, по существу, одной из разновидностей механической энергии, но отличается от других разновидностей тем, что ее можно аккумуляровать в очень больших количествах и использовать при такой мощности и в таких промежутках времени, которые позволяют



существенно выравнять переменную нагрузку энергосистем и обеспечить более равномерный режим работы тепловых (в том числе атомных) электростанций. Для аккумулирования и последующего использования гидроэнергии сооружаются гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС). К такой станции относятся два водохранилища (верхнее и нижнее), разность уровней которых при полностью заполненном верхнем хранилище обычно составляет от 50 м до 500 м. В машинном зале имеются обратимые агрегаты, которые могут работать как в качестве двигателей-насосов, так и турбинами-генераторов.

Аккумулирование тепла. Тепло можно аккумулировать относительно просто - путем нагрева твердых веществ или жидкостей. Отбор тепла из такого аккумулятора может происходить естественной или принудительной конвекцией, излучением или при помощи какого-либо теплоносителя.

Одним из лучших теплоаккумулирующих веществ, благодаря своей доступности, дешевизне, безвредности для окружающей среды и большой удельной теплоемкости ( $4,2 \text{ кДж} / (\text{кг} \text{ К})$ ), является вода. Однако при атмосферном давлении воду можно нагреть без опасения закипания только до температуры  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  и, если выбрать температуру в конце охлаждения, например,  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ , то получаем  $w = 4,2 (95 - 45) = 200 \text{ кДж/кг}$   $60 \text{ Вт ч/кг}$ . Для аккумулирования тепла могут использоваться и металлы, природные и искусственные каменные породы, химические соединения и др. Их удельная теплоемкость меньше, чем у воды, и находится обычно в пределах от  $0,5 \text{ кДж} / (\text{кг} \text{ К})$  до  $2 \text{ кДж} / (\text{кг} \text{ К})$ , но их можно нагревать до более высокой температуры (например, до  $750 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Удельная аккумулирующая способность таких материалов, в зависимости от удельной теплоемкости и допускаемой температуры нагрева, находится обычно в пределах от  $50 \text{ Вт ч/кг}$  до  $400 \text{ Вт ч/кг}$ . В электрических аккумулирующих отопительных приборах в качестве аккумулирующего вещества часто используют магнезит (каменистую породу, состоящую главным образом из окиси магния), удельная теплоемкость которого равна  $1,3 \text{ кДж} / (\text{кг} \text{ К})$ .

Еще большей аккумулирующей способности - до 600 Вт ч/кг - можно добиться в случае использования фторидов натрия, магния и лития. На аккумулировании тепла основывается печное отопление, где в качестве аккумулирующего вещества используются материалы печи (огнеупорный кирпич, кафельный кирпич, керамические плитки и др.). Аккумулирование тепла часто целесообразно и в электрическом отоплении, где для этой цели могут использоваться аккумулирующие электронагреватели, а также строительные конструкции зданий, прежде всего пол и междуэтажные перекрытия.

Аккумулирование тепла в больших количествах может оказаться целесообразным на электростанциях. Используются, например, аккумуляторы перегретого пара между котлом и турбиной для выравнивания расхода пара, когда нагрузка турбогенератора во времени слишком неравномерна; аккумуляторы горячей воды на теплоэлектроцентралях, чтобы обеспечить более равномерную нагрузку ТЭЦ при суточных колебаниях теплопотребления; аккумуляторы нагретого жидкого теплоносителя между солнечным нагревательным устройством и парогенератором солнечной электростанции, чтобы обеспечить работу станции при колебаниях и перерывах прямого солнечного излучения.

Аккумулирование электрической энергии. Электроэнергия может аккумулироваться в конденсаторах (в виде энергии электрического поля), в катушках индуктивности (в виде энергии магнитного поля), в первичных и вторичных гальванических элементах (в виде химической энергии).

Энергия из воздушных потоков тоже может быть аккумулирована при помощи различных генераторов с турбинами и без них. К примеру, малая ветряная турбина «Windbeam» собирает энергию для перезарядки батарей и подпитки электроники из воздушных потоков, создаваемых ветрами со скоростью менее 3,2 км/ч.

Беспроводная технология накопления энергии с использованием фотоэлементов предлагает серьезные преимущества в сравнении с проводной или исключительно аккумуляторной технологиями хранения энергии. Среди них – практически неисчерпаемый источник энергии без негативных для окружающей среды последствий. Современные системы фотоэлементов, расположенные в помещении, набирают мощность за счет специального покрытия из некристаллического кремния, используемого также в калькуляторах на солнечных батарейках. В последние годы появились новые технологии в области фотовольтаики, в частности – ячейки Гретцеля. Краситель поглощает свет также, как хлорофилл в растениях. Освободившиеся электроны попадают на слой оксида титана, откуда распространяются по всей площади электролита. Краска может быть создана так, что при видимом свете она производит намного больше энергии. К примеру, ячейка Гретцеля при освещенности в 200 люкс способна обеспечить более  $10\text{мкВт/см}^2$  энергии.

### **Контрольные вопросы**

1. Что означает альтернативная энергетика?
2. Какие виды альтернативной энергетики применяются в России?
3. Что относится к возобновляемым источникам энергии?
4. Какая электрическая станция имеет наибольший КПД:
  1. ТЭС.
  2. АЭС.
  3. ГЭС.
  4. ВЭС.
5. Перечислите достоинства и недостатки ТЭС.
6. Определить мощность малой ГЭС, если расход воды  $Q$ , напор  $H$ .  
Как изменится мощность малой ГЭС, если напор водохранилища  $H$  в

засушливый период уменьшится в  $n$  раз, а расход воды  $Q$  сократится на  $m$  %? Потери в гидротехнических сооружениях, водоводах, турбинах и генераторах считать постоянными.

7. В формуле  $Q = c \cdot m \cdot (T_1 - T_2)$ ,  $c$  – это... единица измерения:

1. Дж / кг · °К,
2. Дж · °К / кг,
3. Дж · кг / °К.

8. В чем отличие пассивной системы солнечного отопления от активной?

9. Какие основные области (по длине волны) включает в себя спектр солнечного излучения?

10. Опишите, каким образом происходит преобразование энергии Солнца в электрическую энергию в термоэлектрических преобразователях.

11. КПД фотоэлектрического преобразователя равен:

1. 35 %.
2. 25 %.
3. 15 %.
4. 5 %.

12. Работа паротурбинной солнечной электростанции основана на?

13. Система солнечного теплоснабжения состоит из следующих основных элементов: солнечного коллектора, аккумулятора и дублирующего источника.

14. Солнечное излучение с длиной волны 0,3 мкм относится к:

15. Ультрафиолетовому излучению.

16. Видимому излучению.

17. Инфракрасному излучению.

18. Радиоволнам.

19. Перечислите способы преобразования солнечной энергии в электрическую.

20. На солнечной электростанции башенного типа установлено  $n$  гелиостатов, каждый из которых имеет поверхность  $F_{\Gamma}$ . Гелиостаты отражают солнечные лучи на приемник, на поверхности которого зарегистрирована максимальная энергетическая освещенность  $H_{\text{пр}} = 2,5 \text{ МВт/м}^2$ . Коэффициент отражения гелиостата  $R_{\Gamma} = 0,8$ , коэффициент поглощения приемника  $A_{\text{пр}} = 0,95$ . Максимальная облученность зеркала гелиостата  $H_{\Gamma} = 600 \text{ Вт/м}^2$ . Определить площадь поверхности приемника  $F_{\text{пр}}$  и тепловые потери в нем, вызванные излучением и конвекцией, если рабочая температура теплоносителя составляет  $t$ . Степень черноты приемника  $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,95$ . Конвективные потери в два раза меньше потерь от излучения.

21. Для отопления дома в течение суток потребуется количество теплоты  $Q$ . При использовании для этой цели солнечной энергии тепловая энергия может быть запасена в водяном аккумуляторе. Допустим, что температура горячей воды  $t_1$ . Какова должна быть емкость бака аккумулятора  $V$ , если тепловая энергия может использоваться в отопительных целях до тех пор, пока температура воды не понизится до  $t_2$ ? Величины теплоемкости и плотности воды взять из справочной литературы.

22. Перечислите достоинства и недостатки воды, как теплоносителя.

23. Причина возникновения ветра - ...

24. Принцип работы анемометра основан на работе:

1. Чашечного ротора.
2. Ротора Дарье.
3. Ротора Эванса.
4. Ротора Магнуса.

25. Приведите классификацию известных видов роторов ВЭУ.

26. Гидротермальный источник геотермальной энергии – это ...

30. Впервые в России выработка электрической энергии на геотермальной электрической станции была осуществлена:

1. В 1957 году.
2. В 1967 году.

3. В 1977 году.

4. В 1987 году.

31. Перечислите и опишите достоинства применения геотермальной энергии.

32. Опишите строение Земли или изобразите эскиз строения Земли.

33. Средняя величина геотермической ступени равна:

1. 23 м.

2. 28 м.

3. 33 м.

4. 38 м.

34. От чего зависит величина геотермической ступени.

35. Какой газовый состав имеют термальные воды?

36. Биомасса – это ...

37. Перечислите термохимические способы переработки биомассы.

38. Пиролиз – это ...

39. Из каких основных систем состоят современные биоэнергетические установки?

40. Как определить приливный потенциал бассейна, если его площадь  $F$ , а средняя величина прилива  $R_{\text{ср}}$ .

41. Использование разности температур воды океана.

42. Использование приливов и отливов океана.

43. Использование течений океана.

44. Может ли быть использована энергия океанов в России.

45. Устройства аккумуляции электрической энергии.

## Список литературы

1. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - М. : КноРус, 2010. - 228 с. ; 22 см. - Библиогр.: с. 228. - ISBN 978-5-406-00278-0 : 162.00 р.
2. Елистратов, В. В. Использование возобновляемой энергии [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / В. В. Елистратов. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. - 225 с. ; есть. - Режим доступа:<https://lib.rucont.ru/efd/266848>. - ISBN 978-5-7422-2110-4 : Б. ц. Перейти к внешнему ресурсу <https://lib.rucont.ru/efd/266848>.
3. Безруких П.П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология [Текст] / П. П. Безруких. - М. : Колос, 2008. - 196 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 193. - ISBN 978-5-10-003992-1 : 85.00 р.
4. Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК [Электронный ресурс] / В. И. Земсков. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань", 2014. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=47409](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47409). - ISBN 978-5-8114-1647-9: Б.ц. Перейти к внешнему ресурсу [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=47409](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47409).
5. <http://www.gigavat.com> – сайт, посвященный энергетике.
6. <http://myelectro.com.ua> – сайт по электроэнергетике в современном мире.