

## **Лекция 6. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА. ВИДЫ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ. ЭНЕРГИЯ ОКЕАНОВ.**

1. Введение в гидроэнергетику
2. Основные виды гидроэлектростанций (ГЭС)
3. Принципы работы гидроэлектростанций
4. Экологические аспекты гидроэнергетики
5. Энергия океанов
6. Перспективы развития гидроэнергетики

### **6.1. Роль гидроэнергетики в глобальной энергетической системе**

**Термин «гидроэнергетика»** определяет область энергетики, использующую энергию текущей или падающей воды рек, каналов, искусственных гидросооружений. Эта энергия преобразуется чаще в электрическую, реже - в механическую. Человечество также умеет извлекать энергию из океанских течений, волн, приливов/отливов и рассеянной теплоты вод.

Этот вид энергии относится к возобновляемым источникам, так как он основан на естественном круговороте воды в природе. Гидроэнергетические установки, такие как гидроэлектростанции (ГЭС), преобразуют кинетическую и потенциальную энергию воды в электрическую энергию с помощью гидротурбин и генераторов.

Гидроэнергетика играет важную роль в глобальной энергетической системе, обеспечивая значительную долю мирового производства электроэнергии. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), гидроэнергетика обеспечивает около 16% мирового производства электроэнергии и более 60% производства электроэнергии из возобновляемых источников.

Гидроэнергетика обладает рядом преимуществ, которые делают её важным и перспективным источником энергии в глобальной энергетической системе. Вот более подробное рассмотрение ключевых преимуществ:

### **1. Возобновляемость и устойчивость:**

- **Возобновляемый источник.** Гидроэнергетика использует энергию воды, которая постоянно возобновляется через природный круговорот воды.

- **Долговечность проектов.** Гидроэлектростанции (ГЭС) имеют длительный срок службы, зачастую превышающий 50 лет, что делает их устойчивыми в долгосрочной перспективе.

### **2. Экономичность:**

- **Низкие эксплуатационные расходы.** После первоначальных капитальных вложений эксплуатационные и текущие расходы на ГЭС сравнительно низкие.

- **Долговременная стоимость.** Гидроэлектростанции обеспечивают экономичное производство электроэнергии на протяжении десятилетий.

### **3. Регулируемость и гибкость:**

- **Быстрая адаптация к нагрузкам.** ГЭС могут быстро изменять мощность, что позволяет оперативно реагировать на изменения спроса на электроэнергию.

- **Стабилизация энергосистемы.** ГЭС могут использоваться для регулирования частоты и напряжения в сети, что способствует стабильной работе энергосистемы.

### **4. Экологическая чистота:**

- **Отсутствие выбросов.** ГЭС не выбрасывают углекислый газ и другие загрязняющие вещества в атмосферу, что помогает бороться с изменением климата.

- **Минимальное воздействие на окружающую среду.** Современные методы проектирования и строительства ГЭС могут минимизировать негативное воздействие на экосистемы.

#### **5. Многофункциональность водохранилищ:**

- **Водоснабжение и ирригация.** Водоохранилища могут использоваться для обеспечения водоснабжения и орошения сельскохозяйственных угодий.

- **Рыболовство и рекреация.** Водоохранилища также могут служить местами для рыболовства, рекреационных и туристических мероприятий.

#### **6. Энергетическая безопасность:**

- **Снижение зависимости от ископаемых видов топлива.** Гидроэнергетика помогает уменьшить зависимость от угля, нефти и природного газа.

- **Локальные источники энергии.** ГЭС могут строиться вблизи мест потребления электроэнергии, что снижает потери при передаче и повышает энергетическую независимость.

#### **7. Стимулирование экономического развития:**

- **Создание рабочих мест.** Строительство и эксплуатация ГЭС создают значительное количество рабочих мест.

- **Развитие инфраструктуры.** Проекты гидроэнергетики часто способствуют развитию транспортной и социальной инфраструктуры в регионах.

#### **7. Водоподъемные установки:**

- **Гидравлические тараны.** Гидравлические тараны могут использоваться для подачи воды на большие высоты, заменяя электрические насосы в неэлектрифицированных районах.

- **Эффективное использование кинетической энергии.** Такие установки позволяют эффективно использовать энергию водных потоков для хозяйственных нужд.

## **8. Гибридные и интегрированные системы:**

- **Комбинированные энергетические системы.** ГЭС могут интегрироваться с другими возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечная и ветровая энергетика, для создания гибридных систем.

- **Гидроаккумулирующие станции (ГАЭС).** Эти станции позволяют хранить избыточную энергию путем перекачки воды в верхний резервуар и использовать её в периоды пиковых нагрузок.

## **9. Надежность и устойчивость к экстремальным условиям:**

- **Работа в условиях чрезвычайных ситуаций.** ГЭС могут продолжать работу в условиях природных катастроф и техногенных аварий, обеспечивая устойчивость энергоснабжения.

## **10. Снижение рисков колебаний цен на энергоносители:**

- **Стабильные тарифы.** Гидроэнергетика способствует стабилизации тарифов на электроэнергию, уменьшая риски, связанные с колебаниями цен на нефть и газ.

Таким образом, гидроэнергетика обладает широким спектром преимуществ, которые делают её важным и перспективным элементом глобальной энергетической системы. Эти преимущества включают экологическую чистоту, экономичность, надежность и множество дополнительных выгод для общества и экономики.

Мировые потенциальные гидроэнергетические ресурсы оцениваются в 35 000 млрд кВт·ч в год.



**Рисунок 6.1. Мировые потенциальные гидроэнергетические ресурсы**

На конец 2023 года общая установленная мощность гидроэлектростанций в мире составила около 1,3 ТВт, что позволяет ежегодно производить около 4 000 ТВт·ч электроэнергии. Основные страны-производители гидроэнергии включают Китай, Бразилию, Канаду, США и Россию. Китай является мировым лидером по установленной мощности ГЭС с более чем 350 ГВт.

### **Гидроэнергетика в Республике Узбекистан**

Узбекистан обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом благодаря горным рекам и водохранилищам. На 2023 год в Узбекистане функционирует около 40 гидроэлектростанций общей установленной мощностью около 2 000 МВт, что составляет около 15% от общей установленной мощности всех электростанций страны, основные:

- **Чирчик-Бозсуйская ГЭС:** Одна из крупнейших гидроэлектростанций страны, расположена на реке Чирчик.
- **Фархадская ГЭС:** Расположена на реке Сырдарья, имеет значительный вклад в энергосистему страны.

- **Андижанская ГЭС:** Находится на реке Карадарья, обеспечивает электроэнергией Андижанскую область.

Правительство Узбекистана активно работает над развитием гидроэнергетики, планируя модернизацию существующих ГЭС и строительство новых. К 2030 году планируется увеличить установленную мощность гидроэлектростанций до 3 800 МВт, что позволит значительно увеличить долю гидроэнергетики в общей структуре производства электроэнергии.

Гидроэнергетика играет важную роль в энергосистеме Узбекистана, способствуя экономичному и экологически чистому производству электроэнергии и обеспечивая стабильность энергоснабжения.

## **6.2. Плотинные ГЭС. Структура и принцип работы**

**Структура плотинных ГЭС:** плотинные гидроэлектростанции (ГЭС) являются одним из самых распространенных и эффективных типов гидроэнергетических сооружений. Они используют энергию воды, создаваемую перепадом высот (напором) между верхним и нижним уровнями водоема, для выработки электричества. Основные структурные компоненты плотинных ГЭС включают:

**1. Плотина - основная функция** плотины - создание водохранилища и накопление воды для обеспечения стабильного напора.

**Конструкция** - плотины могут быть бетонными, земляными или каменно-насыпными. Они должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать огромное давление воды и предотвращать утечки.

**2. Водоохранилище** - служит для накопления воды и регулирования ее уровня для обеспечения стабильной работы турбин. **Экологические аспекты** - водохранилища могут значительно изменять местную экосистему, затопливая большие территории.

3. **Водосброс** - используются для управления уровнем воды в водохранилище и предотвращения его переполнения. **Типы** - существуют поверхностные и донные водосбросы, которые используются в зависимости от конструкции плотины и условий эксплуатации.

4. **Турбины** - преобразуют кинетическую и потенциальную энергию воды в механическую энергию вращения. **Типы** - основные типы турбин, используемых в плотинных ГЭС, включают реактивные (например, каплановские и френсисовые турбины) и активные (например, ковшовые турбины).

5. **Электрогенераторы** - преобразуют механическую энергию вращения турбин в электрическую энергию. **Конструкция** - генераторы могут быть синхронными или асинхронными, в зависимости от требований к стабильности и качеству электроэнергии.

6. **Подводящие и отводящие каналы** - обеспечивают подачу воды к турбинам и ее отведение после прохождения через турбины. **Конструкция** - каналы могут быть открытыми или закрытыми, в зависимости от географических и инженерных условий.

**Принцип работы плотинных ГЭС** основывается на преобразовании потенциальной энергии накопленной воды в электрическую энергию посредством турбин и генераторов. Основные этапы процесса включают:

**Создание напора** - вода из реки накапливается в водохранилище, образованном плотиной, создавая значительный напор. Напор определяется разницей высот между уровнем воды в водохранилище (верхний бьеф) и уровнем воды ниже плотины (нижний бьеф).

**Подача воды к турбинам** - вода под высоким давлением направляется через подводящие каналы или трубопроводы к турбинам. Поступление воды регулируется заслонками или клапанами, которые контролируют объем и давление подаваемой воды.

**Преобразование энергии в турбинах** - вода проходит через лопасти турбин, приводя их в движение. В реактивных турбинах (таких как френсисовые) энергия воды преобразуется в механическую энергию вращения за счет разницы давлений. В активных турбинах (таких как ковшовые) используется кинетическая энергия струи воды, направляемой на лопасти.

**Генерация электроэнергии** - вращение турбин передается на роторы генераторов, которые преобразуют механическую энергию в электрическую. В генераторах создается электромагнитное поле, индуцирующее электрический ток.

**Вывод отработанной воды** - после прохождения через турбины, отработанная вода выводится обратно в реку через отводящие каналы или туннели, минимизируя воздействие на окружающую среду и обеспечивая продолжение естественного течения реки.

Плотинные ГЭС широко используются по всему миру благодаря своей высокой эффективности и способности генерировать большое количество электроэнергии.

- **ГЭС Три ущелья (Китай)** - это крупнейшая гидроэлектростанция в мире, установленная мощность которой составляет 22 500 МВт. Она играет ключевую роль в обеспечении электроэнергией центральных и восточных районов Китая, а также помогает регулировать водные ресурсы и защищать от наводнений.

- **ГЭС Итайпу (Бразилия/Парагвай)** - мощностью 14 000 МВт, является вторым по величине гидроэнергетическим проектом в мире. Она обеспечивает около 90% потребности Парагвая в электроэнергии и 15% потребности Бразилии.

- **ГЭС Гранд-Кули (США)** - мощностью 6 809 МВт, эта ГЭС является крупнейшей в Северной Америке и обеспечивает значительную



часть электроэнергии для северо-западных штатов США. Она также играет важную роль в ирригации и регулировании водных ресурсов.

**Преимущества:** **высокая эффективность** - плотинные ГЭС имеют высокий коэффициент полезного действия (КПД), часто превышающий 90%; **надежность** - они могут обеспечивать стабильное и предсказуемое производство электроэнергии, особенно при наличии крупных водохранилищ; **регулирование водных ресурсов** - плотины помогают контролировать паводки, обеспечивают водоснабжение и ирригацию.

**Недостатки:** **экологическое воздействие** - затопление земель, потеря биоразнообразия и изменение экосистем; **социальные последствия** - переселение населения, утрата культурного наследия и изменение условий жизни; **сейсмические риски** - возможность индуцированной сейсмичности и повышенного риска землетрясений.

Плотинные ГЭС остаются ключевым элементом глобальной энергетической инфраструктуры, несмотря на экологические и социальные вызовы, которые требуют тщательного управления и планирования.

### **ГЭС руслового типа. Структура и принцип работы.**

Гидроэлектростанции руслового типа (или деривационные ГЭС) представляют собой сооружения, использующие кинетическую и потенциальную энергию реки непосредственно на её естественном русле. Основные компоненты русловых ГЭС включают:

1. **Головной водозабор** – предназначен для захвата и направление воды из реки в подводящие каналы или трубопроводы. **Конструкция** - головной водозабор оснащен решетками для предотвращения попадания крупного мусора и плотинами для регулирования потока воды.

2. **Напорные и безнапорные каналы** – для направления воды от водозабора к турбинам. Безнапорные каналы могут быть открытыми, в то время как напорные каналы представляют собой закрытые туннели или

трубопроводы. **Конструкция** - в зависимости от местных условий, каналы могут быть построены из бетона или других устойчивых материалов.

3. **Турбины** - преобразуют энергию текущей воды в механическую энергию. **Типы** - основные турбины, используемые в русловых ГЭС, включают френсисовые и каплановские турбины, которые наиболее эффективны при изменяющихся напорах и расходах воды.

4. **Электродвигатели** - преобразование механической энергии вращения турбин в электрическую энергию. **Конструкция** - могут быть синхронными или асинхронными, в зависимости от требований к стабильности и качеству электроэнергии.

5. **Отводящие каналы или туннели** – необходимы для отведения воды после прохождения через турбины обратно в реку. **Конструкция** - представляют собой открытые или закрытые структуры, минимизирующие воздействие на окружающую среду.

Принцип работы ГЭС руслового типа функционируют на основе использования кинетической и потенциальной энергии текущей воды, преобразуемой в электрическую энергию. Основные этапы процесса включают:

- **Захват и подача воды** - вода из реки захватывается головным водозабором и направляется в подводящие каналы или трубопроводы. Этот процесс контролируется заслонками и клапанами, регулирующими объем и давление подаваемой воды.

- **Протекание воды через турбины** - вода проходит через лопасти турбин, приводя их в движение. В зависимости от типа турбины, энергия воды преобразуется в механическую энергию вращения за счет разницы давлений или кинетической энергии потока.

- **Генерация электроэнергии** - вращение турбин передается на роторы генераторов, которые преобразуют механическую энергию в

электрическую. В генераторах создается электромагнитное поле, индуцирующее электрический ток.

- **Отвод отработанной воды** - после прохождения через турбины, отработанная вода выводится обратно в реку через отводящие каналы или туннели, минимизируя воздействие на окружающую среду и обеспечивая продолжение естественного течения реки.

ГЭС руслового типа широко применяются во многих странах благодаря своей способности эффективно использовать природные потоки рек без значительного вмешательства в их экосистемы. Ниже приведены несколько примеров и областей применения:

- **ГЭС Беломорско-Балтийского канала (Россия)** - эта ГЭС является примером эффективного использования кинетической энергии рек для выработки электроэнергии, а также выполняет функции навигации и водоснабжения.

- **ГЭС Тульский каскад (Россия)** - серия деривационных ГЭС, использующих реки Тульского региона для выработки электроэнергии и регулирования водных ресурсов.

- **ГЭС Руфиджи (Танзания)** - крупный проект, направленный на использование потенциала реки Руфиджи для обеспечения стабильного источника электроэнергии и улучшения водоснабжения в регионе.

**Преимущества** - **минимальное экологическое воздействие**, меньшее вмешательство в экосистемы по сравнению с плотинными ГЭС, отсутствие крупных водохранилищ; **гибкость в эксплуатации** - возможность адаптации к изменяющимся условиям потока воды и сезонным колебаниям; **меньшие затраты на строительство и эксплуатацию** - отсутствие необходимости в крупных сооружениях, таких как плотины и водохранилища.

**Недостатки** - **зависимость от сезонных изменений** - производительность может значительно варьироваться в зависимости от

уровня воды в реке и сезонных изменений; **ограниченная мощность** - русловые ГЭС обычно имеют меньшую установленную мощность по сравнению с плотинными ГЭС; **потенциальные проблемы с осадконакоплением** - накопление осадков в подводящих и отводящих каналах может снизить эффективность работы турбин.

ГЭС руслового типа представляют собой важный элемент гидроэнергетической инфраструктуры, способствующий устойчивому развитию и обеспечению электроэнергией регионов с доступом к текущим водным ресурсам.

### **ГЭС деривационного типа. Принцип работы.**

Гидроэлектростанции деривационного типа отличаются тем, что вода для приведения в действие турбин поступает через деривационные каналы, туннели или трубопроводы, минуя необходимость создания крупных плотин и водохранилищ. Эти системы направляют речной поток из одного места в другое, используя естественный перепад высот для создания напора.

Основные структурные компоненты деривационных ГЭС включают:

1. **Головной водозабор** - необходим для захвата и подачи воды из реки в деривационные каналы или трубопроводы. **Конструкция** - оборудован решетками и затворами для удаления мусора и регулирования потока воды.

2. **Деривационные каналы и туннели** – предназначены для направления воды от головного водозабора к турбинам. **Типы** - открытые каналы и закрытые туннели. Открытые каналы обычно используются в местностях с небольшим перепадом высот, в то время как закрытые туннели применяются в горных районах.

3. **Напорный бассейн и напорные трубопроводы** – необходим для создания необходимого напора воды для эффективной работы турбин. **Конструкция** - напорный бассейн аккумулирует воду перед подачей в

напорные трубопроводы, которые направляют её к турбинам под высоким давлением.

4. **Турбины** - преобразует энергию движущейся воды в механическую энергию вращения. **Типы** - часто используются каплановские и френсисовые турбины, которые могут эффективно работать при изменяющихся напорах и расходах.

5. **Электрогенераторы** - преобразование механической энергии турбин в электрическую энергию. **Конструкция** - электрогенераторы обычно представляют собой синхронные машины, обеспечивающие стабильное напряжение и частоту.

6. **Отводящие каналы или туннели** – необходим для возвращения отработанной воды в реку или её дальнейшее использование. **Конструкция** - построены таким образом, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду и поддерживать естественный поток реки.

ГЭС деривационного типа работают по принципу преобразования энергии движущейся воды в электрическую энергию посредством сложной системы деривационных каналов и трубопроводов. Основные этапы включают:

- **захват воды**, вода захватывается из реки через головной водозабор и направляется в деривационные каналы или туннели;

- **транспортировка воды**, вода транспортируется по деривационным каналам и туннелям к напорному бассейну. В зависимости от топографии местности, могут использоваться как открытые каналы, так и закрытые туннели;

- **создание напора**, в напорном бассейне вода аккумулируется и создается необходимый напор для подачи воды в напорные трубопроводы;

- **подача воды к турбинам**, вода направляется по напорным трубопроводам к турбинам, где её потенциальная и кинетическая энергия преобразуется в механическую энергию вращения;

- **генерация электроэнергии**, вращение турбин передается на роторы генераторов, которые преобразуют механическую энергию в электрическую;

- **отвод отработанной воды**, после прохождения через турбины, отработанная вода выводится через отводящие каналы или туннели обратно в реку.

ГЭС деривационного типа широко используются по всему миру благодаря своей эффективности и меньшему воздействию на окружающую среду по сравнению с плотинными ГЭС. Примеры и области применения включают:

- **ГЭС Сардар Саровар (Индия)**, крупный проект, использующий деривационные каналы и туннели для транспортировки воды из реки Нармадан к турбинам. Эта ГЭС обеспечивает электричеством и водой для ирригации миллионы людей в регионе Гуджарат.

- **ГЭС Дахау (Германия)**, малая деривационная ГЭС, использующая воду из реки Ампер для выработки электроэнергии. Станция обеспечивает экологически чистую энергию и минимально воздействует на окружающую среду.

- **ГЭС Ватувара (Фиджи)**, использующая воду из горных рек для обеспечения электроэнергией отдаленных районов Фиджи. Система деривационных туннелей позволяет эффективно использовать ресурсы без необходимости строительства крупных плотин.

ГЭС деривационного типа находят применение в разнообразных географических и климатических условиях:

- **Горные регионы**, где имеется значительный перепад высот, деривационные ГЭС являются оптимальным решением для использования

энергии текущих рек. Примером могут служить многочисленные малые ГЭС в Альпах и Гималаях.

- **Регионы с ограниченными водными ресурсами**, в регионах, где строительство крупных водохранилищ невозможно или нежелательно, деривационные ГЭС позволяют использовать текущую воду более эффективно, сохраняя экосистемы и минимизируя экологический ущерб.

- **Сельские и отдаленные районы**, малые и микро-ГЭС деривационного типа обеспечивают электроэнергией отдаленные и сельские районы, где строительство крупных энергетических объектов нецелесообразно.

ГЭС деривационного типа являются важным элементом в системе возобновляемых источников энергии, обеспечивая устойчивое и экологически чистое производство электроэнергии.

#### **Преимущества:**

- **Экологическая устойчивость. Минимальное воздействие на экосистемы** - отсутствие необходимости создания крупных водохранилищ позволяет сохранить естественные речные экосистемы, что способствует сохранению биоразнообразия. **Сохранение ландшафта** - деривационные каналы и туннели обычно интегрируются в естественный ландшафт, что снижает визуальное и физическое воздействие на окружающую среду.

- **Гибкость в применении. Разнообразие мест установки** - деривационные ГЭС могут быть установлены в разнообразных географических условиях, включая горные регионы и отдаленные сельские районы. **Масштабируемость** - возможность строительства как малых, так и крупных установок, адаптированных к конкретным условиям и потребностям региона.

- **Экономическая эффективность. Снижение затрат на строительство** - отсутствие необходимости в крупных плотинах и

водохранилищах уменьшает капитальные затраты. **Долговечность и низкие эксплуатационные расходы** - системы деривационных каналов и трубопроводов требуют минимального технического обслуживания и имеют долгий срок службы.

- **Энергетическая надежность. Стабильное производство энергии** - постоянный поток воды обеспечивает стабильное производство электроэнергии, что важно для энергосистем с переменной нагрузкой. **Возможность интеграции с другими источниками энергии** - деривационные ГЭС могут быть частью гибридных энергосистем, сочетая гидроэнергию с другими возобновляемыми источниками, такими как солнечная и ветровая энергия.

#### **Недостатки:**

- **Ограничения по водным ресурсам. Зависимость от речного стока** - эффективность деривационных ГЭС зависит от наличия достаточного объема воды, что может варьироваться в зависимости от сезона и климатических условий. **Потенциальные конфликты использования** - водные ресурсы могут быть необходимы для других целей, таких как ирригация или водоснабжение, что может ограничивать их доступность для производства электроэнергии.

- **Инженерные сложности. Необходимость сложных инженерных решений** - строительство деривационных туннелей и каналов в горных регионах требует сложных инженерных решений и может быть сопряжено с геологическими рисками. **Риск эрозии и осадков** - длительная эксплуатация деривационных каналов может привести к эрозии и накоплению осадков, требующих периодического обслуживания.

- **Социальные последствия. Переселение населения** - строительство деривационных ГЭС может потребовать переселения местных сообществ, что вызывает социальные и экономические проблемы. **Изменение местной инфраструктуры** - инфраструктурные



изменения, такие как прокладка новых дорог и строительство туннелей, могут нарушить местную социально-экономическую жизнь.

ГЭС деривационного типа представляют собой важный элемент в системе возобновляемых источников энергии благодаря своей гибкости, экономической эффективности и минимальному воздействию на окружающую среду. Однако их применение требует учета ряда экологических, инженерных и социальных факторов, чтобы обеспечить устойчивое и эффективное использование водных ресурсов.

### **Приливные электростанции**

Приливные электростанции (ПЭС) используют энергию приливов и отливов для производства электроэнергии. Эта энергия создается за счет гравитационного взаимодействия между Землей, Луной и Солнцем, вызывающего регулярные подъемы и спады уровня воды в морях и океанах. ПЭС устанавливаются в местах с высоким приливным диапазоном, где разница между уровнями воды во время прилива и отлива достаточно велика для генерации значительного объема энергии.

#### **Структура:**

- **Плотина (дамба)** - строится поперек устья реки или залива для создания водохранилища. Она содержит шлюзы и турбины, через которые вода проходит во время прилива и отлива;

- **Шлюзы** - управляют потоком воды в и из водохранилища. Во время прилива они открываются, позволяя воде поступать в водохранилище, а во время отлива - выходить обратно в море или океан;

- **Турбины** - размещаются в плотине и вращаются под действием потока воды. Они могут работать в обе стороны - как при приливе, так и при отливе, что увеличивает их эффективность. Вода, проходя через турбины, приводит их в движение, что, в свою очередь, генерирует электроэнергию;

- **Генераторы** - преобразуют механическую энергию, получаемую от вращающихся турбин, в электрическую энергию, которая затем передается в энергосистему.

### **Принцип работы:**

- **Прилив** - во время прилива вода поднимается и поступает в водохранилище через открытые шлюзы. Вода, проходя через турбины, вращает их, и генераторы производят электроэнергию;

- **Максимальный прилив** - когда уровень воды в водохранилище и в море уравнивается, шлюзы закрываются, удерживая воду в водохранилище;

- **Отлив** - во время отлива уровень воды в море понижается. Когда разница уровней воды становится достаточной, шлюзы открываются, и вода начинает выходить из водохранилища обратно в море, снова проходя через турбины и производя электроэнергию;

- **Минимальный отлив** - когда уровень воды в водохранилище и в море уравнивается, шлюзы закрываются, завершая цикл.

### **Примеры и применение:**

- **Ла Ранс (Франция)** - приливная электростанция, расположенная на реке Ранс в Бретани, Франция, является одной из первых и крупнейших в мире. Она была введена в эксплуатацию в 1966 году и имеет мощность около 240 МВт. Ла Ранс использует разницу приливов высотой около 13,5 метров.

- **Сихва (Южная Корея)** - приливная электростанция находится на западном побережье Южной Кореи. Она была введена в эксплуатацию в 2011 году и является самой крупной приливной электростанцией в мире с установленной мощностью 254 МВт. Сихва использует разницу приливов высотой до 8 метров.

- **Анади (Россия)** - приливная электростанция находится в Мурманской области, Россия. Она была введена в эксплуатацию в 1968

году и имеет мощность около 1,7 МВт, используя разницу приливов высотой до 5 метров.

**Преимущества:**

- **Возобновляемая энергия** - обеспечивают стабильный и предсказуемый источник возобновляемой энергии, что позволяет снизить зависимость от ископаемых видов топлива и уменьшить выбросы парниковых газов;

- **Энергетическая безопасность** - способствуют энергетической безопасности регионов, предоставляя надежный источник энергии, независимый от погодных условий, в отличие от солнечных и ветровых электростанций;

- **Регулирование водных ресурсов** - плотины приливных электростанций могут также выполнять функцию защиты от наводнений и регулирования водного режима в прибрежных районах, что особенно важно для территорий, подверженных затоплениям;

- **Социально-экономическое развитие** - развитие приливных электростанций может способствовать созданию рабочих мест и развитию инфраструктуры в прибрежных регионах, улучшая экономическое состояние местных сообществ;

- **Стабильность и предсказуемость** - энергия приливов предсказуема и стабильна, в отличие от других возобновляемых источников, таких как ветер и солнце;

- **Низкие эксплуатационные затраты**- после первоначальных инвестиций эксплуатационные затраты приливных электростанций относительно низки;

- **Долговечность** - приливные электростанции имеют долгий срок службы, обычно превышающий 100 лет;

- **Многофункциональность** - плотины могут использоваться для предотвращения наводнений и создания условий для аквакультуры.

### **Недостатки:**

- **Высокие капитальные затраты** - строительство приливных электростанций требует значительных первоначальных инвестиций, что может быть экономически нецелесообразным в некоторых регионах;
- **Экологические и социальные последствия** - могут возникнуть значительные экологические и социальные последствия, включая изменения экосистем и перемещение местных сообществ;
- **Ограниченное количество подходящих мест** - эффективность приливных электростанций зависит от наличия высоких приливов, что ограничивает количество подходящих мест для их строительства;
- **Сложность строительства и эксплуатации** - требуют высоких технических навыков и специализированного оборудования;
- **Потенциальное воздействие на судоходство** - плотины и другие инфраструктуры могут создавать препятствия для судоходства и рыбной промышленности, требуя дополнительных решений для минимизации этих воздействий.

Приливные электростанции представляют собой важный элемент в области возобновляемой энергетики, предлагая стабильный и предсказуемый источник энергии. Их использование может значительно способствовать снижению зависимости от ископаемых видов топлива и уменьшению выбросов парниковых газов, что является ключевым аспектом в борьбе с изменением климата.

Несмотря на значительные первоначальные затраты и потенциальные экологические и социальные последствия, преимущества приливных электростанций делают их привлекательным вариантом для долгосрочных инвестиций в энергетическую инфраструктуру. Их способность обеспечивать энергией регионы с высоким приливным диапазоном, а также выполнять функции по предотвращению наводнений

и регулированию водного режима, подчеркивает их multifunctionality и важность.

В условиях глобального изменения климата и растущего спроса на энергию развитие приливных электростанций, наряду с другими возобновляемыми источниками энергии, может сыграть ключевую роль в обеспечении устойчивого и экологически чистого будущего. Важно продолжать исследования и инновации в этой области, чтобы минимизировать недостатки и максимально использовать потенциал приливной энергии.

### **Волновые электростанции**

Волновые электростанции (ВЭС) преобразуют кинетическую энергию морских волн в электрическую энергию. Структурные компоненты таких станций могут варьироваться в зависимости от типа и технологии, но основные элементы включают:

- **Энергопреобразующие устройства**, устройства, которые непосредственно взаимодействуют с волнами и преобразуют их энергию. Эти устройства могут быть плавающими или закрепленными на дне океана.

Виды энергопреобразующих устройств:

- **Осциллирующие водяные колонны (OWC)** - устройства, в которых движение волн заставляет воздух внутри колонны двигаться вверх и вниз, приводя в действие турбину;

- **Пеламис** - система из нескольких соединенных между собой секций, которая изгибается и деформируется под воздействием волн, приводя в действие гидравлические насосы и генераторы;

- **Пойнт-абсорберы** - плавучие устройства, которые движутся вверх и вниз под воздействием волн, преобразуя вертикальное движение в электрическую энергию;

- **Механизмы передачи энергии** - системы, которые передают преобразованную энергию от энергопреобразующих устройств к генераторам. Это могут быть механические системы (рычаги, поршни) или гидравлические системы;

- **Генераторы** - устройства, которые преобразуют механическую энергию в электрическую. В некоторых ВЭС генераторы могут быть встроены непосредственно в энергопреобразующие устройства;

- **Кабели и системы передачи электроэнергии** - системы, которые передают полученную электрическую энергию от генераторов к берегу и далее в энергосистему.

**Принцип работы.** Волновые электростанции работают на основе использования кинетической и потенциальной энергии морских волн. Основные принципы включают:

- **Захват энергии волн** - энергопреобразующие устройства взаимодействуют с волнами, улавливая их кинетическую и потенциальную энергию. Например, в ОWC вода входит и выходит из полости, создавая воздушный поток, который вращает турбину;

- **Преобразование энергии** - захваченная энергия волн преобразуется в механическую энергию через различные механизмы (рычаги, гидравлические системы, поршни);

- **Генерация электроэнергии** - механическая энергия передается генераторам, которые производят электрическую энергию;

- **Передача электроэнергии** - полученная электрическая энергия передается на берег и интегрируется в энергосистему через подводные кабели и береговые станции.

### **Примеры:**

- **Агукадорская волновая электростанция (Португалия).** Это одна из первых коммерческих ВЭС, использующая технологию Пеламис. Она состоит из нескольких длинных цилиндров, соединенных между собой,

которые движутся под воздействием волн. Энергия движения преобразуется в электричество через гидравлические системы и генераторы.

- **Островное волновое энергопреобразующее устройство Limpet (Шотландия).** Использует технологию осциллирующей водяной колонки (OWC). Волны, входящие в колонну, заставляют воздух внутри двигаться вверх и вниз, приводя в действие турбину. Устройство установлено на побережье острова Ислай и подключено к национальной энергосети.

- **Устройство Wave Hub (Англия).** Тестовая платформа для различных типов волновых энергопреобразующих устройств. Размещена в Корнуолле и предоставляет инфраструктуру для тестирования и демонстрации новых технологий.

#### **Преимущества волновых электростанций:**

- **Энергоснабжение прибрежных районов** - ВЭС могут обеспечить электроэнергией прибрежные и островные регионы, где трудно и дорого строить традиционные электростанции;

- **Уменьшение выбросов углерода** - волновая энергия является чистым и возобновляемым источником энергии, что помогает снижать выбросы углерода и другие вредные выбросы;

- **Комплементарное использование с другими ВИЭ** - ВЭС могут работать в сочетании с ветровыми, солнечными и приливными электростанциями, создавая более устойчивую и надежную энергосистему;

- **Научные и технологические исследования** - ВЭС представляют собой платформу для дальнейших исследований и развития технологий в области возобновляемых источников энергии;

- **Возобновляемость** - волновая энергия является неиссякаемым источником энергии, поскольку волны постоянно генерируются ветрами, действующими на поверхность океана;

- **Экологичность** - ВЭС не производят выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ во время эксплуатации, что делает их экологически чистым источником энергии;

- **Предсказуемость** - волнение на море можно предсказать с достаточно высокой точностью, что позволяет более эффективно планировать производство электроэнергии;

- **Комплементарность** - волновая энергия часто дополняет другие возобновляемые источники энергии, такие как ветер и солнечная энергия, создавая более стабильную и надежную систему энергоснабжения;

- **Масштабируемость** - ВЭС могут быть адаптированы для различных масштабов - от малых установок для изолированных прибрежных сообществ до крупных систем, способных обеспечивать энергией большие регионы.

#### **Недостатки волновых электростанций:**

- **Высокие первоначальные затраты** - строительство и установка ВЭС требуют значительных инвестиций, что может быть препятствием для их широкого распространения;

- **Воздействие на экосистемы** - установка ВЭС может повлиять на морские экосистемы и биоразнообразие, изменяя привычные условия обитания морских организмов;

- **Погодные условия** - производительность ВЭС сильно зависит от погодных условий и состояния моря, что может привести к колебаниям в производстве энергии;

- **Износ оборудования** - ВЭС подвергаются интенсивным механическим нагрузкам и агрессивной морской среде, что требует частого технического обслуживания и замены оборудования;

- **Ограниченность подходящих мест** - не все прибрежные регионы имеют подходящие условия для эффективного использования волновой энергии, что ограничивает географию применения ВЭС.



Волновые электростанции представляют собой перспективное направление в области возобновляемой энергетики, которое требует дальнейших исследований и инвестиций для преодоления существующих препятствий, и максимального использования потенциала этого чистого и устойчивого источника энергии.

### **6.3. Принципы работы гидроэлектростанций**

Гидроэлектростанции (ГЭС) преобразуют потенциальную энергию воды в электрическую энергию, используя механические и электрические компоненты. Основные компоненты ГЭС включают турбины, генераторы, системы водозабора и водоводов, а также системы контроля и управления.

#### **Основные компоненты ГЭС:**

**Турбина** - это устройство, которое преобразует кинетическую энергию воды в механическую энергию вращения. Турбины ГЭС могут быть различных типов, включая реактивные и активные турбины. Подразделяются на 2 основных вида: 1. **Реактивные турбины** - вода, проходящая через реактивную турбину, полностью погружена в воду и преобразует энергию за счёт разницы давлений до и после турбины. Высокий КПД (до 90%), возможность работы на низких напорах. 2. **Активные турбины** - вода попадает на лопасти турбины в виде струи, создавая кинетическую энергию, которая приводит в действие ротор. Высокая эффективность при больших напорах, простота конструкции.

**Генератор** - преобразует механическую энергию вращения турбины в электрическую энергию. Основные компоненты генератора включают ротор и статор. **Ротор** - это вращающаяся часть генератора, которая получает механическую энергию от турбины. Оборудован магнитами или электромагнитами для создания магнитного поля. **Статор** - неподвижная часть генератора, содержащая обмотки из медного провода. При вращении ротора в статоре индуцируется переменный ток, который затем преобразуется в электрическую энергию. Генераторы могут производить

напряжение от нескольких киловольт до сотен киловольт в зависимости от требований сети и мощности ГЭС.

**Система водозабора и водоводов** предназначена для управления потоком воды к турбинам и включает плотины, водозаборы, деривационные каналы, туннели и трубопроводы.

**Плотина** - создаёт водохранилище, обеспечивая постоянный запас воды и напор для работы турбин. **Водозабор** - структура, которая направляет воду из водохранилища в водоводы. Оборудован решётками для предотвращения попадания мусора и крупных объектов в систему. **Деривационные каналы и туннели**, которые транспортируют воду от водозабора к турбинам. Выполняют функцию обеспечения стабильного потока воды.

**Трубопроводы (penstocks)** - высоконапорные трубы, которые направляют воду непосредственно к турбинам. Оборудованы клапанами для регулировки и отключения потока воды, от нескольких метров (для малых ГЭС) до нескольких сотен метров (для крупных ГЭС). Расход воды от нескольких кубометров в секунду до тысяч кубометров в секунду в зависимости от мощности ГЭС.

### **Системы контроля и управления**

Системы контроля и управления гидроэлектростанций обеспечивают мониторинг и управление всеми основными процессами и компонентами ГЭС. Эти системы включают автоматизацию, системы безопасности и телеметрию. Для их реализации используются различные программные решения, которые обеспечивают высокую точность и оперативность управления.

**Системы автоматизации** - используют программируемые логические контроллеры (PLC) для автоматизации работы станции. Мониторят параметры работы, такие как скорость турбин, напряжение генераторов, уровень воды в водохранилище. **Siemens SIMATIC**

обеспечивает управление и мониторинг промышленных процессов, включая гидроэлектростанции. **Allen-Bradley ControlLogix** (Rockwell Automation) предоставляет гибкие и масштабируемые решения для автоматизации промышленных процессов.

**Системы управления технологическими процессами (SCADA)** - обеспечивают централизованный мониторинг и управление процессами на ГЭС. Они собирают данные с различных датчиков и устройств, отображают их в реальном времени и позволяют операторам управлять станцией. **GE Digital iFIX** позволяет визуализировать процессы, собирать данные и управлять оборудованием. **Wonderware InTouch (AVEVA)** широко используется для мониторинга и управления процессами в реальном времени. **Siemens WinCC** предоставляет мощные инструменты для визуализации и управления технологическими процессами.

**Мониторинг параметров - скорость турбин**, контроль и регулирование скорости вращения турбин осуществляется с помощью PLC и SCADA. **Напряжение генераторов** контролируется и регулируется SCADA-системами, такими как GE Digital iFIX или Wonderware InTouch. **Уровень воды в водохранилище** осуществляется с помощью датчиков, подключенных к PLC, и SCADA-систем, например, Siemens SIMATIC PLC с интеграцией в WinCC.

**Системы безопасности** включают аварийные клапаны, системы защиты от перенапряжений, системы мониторинга сейсмической активности, обеспечивают защиту оборудования и предотвращение аварий.

**Аварийные клапаны** - быстрое закрытие или открытие водоводов для предотвращения повреждений турбин и генераторов в случае аварийных ситуаций. Контролируются **Siemens Safety Integrated** - интегрированные системы безопасности для управления аварийными

клапанами. **Rockwell Automation GuardLogix** предоставляет решения для управления и мониторинга систем безопасности.

**Системы защиты от перенапряжений** - обеспечение защиты электрического оборудования от перенапряжений. **Schneider Electric EcoStruxure** решения для управления и защиты электрооборудования. **ABB Ability** обеспечивает мониторинг и защиту от перенапряжений.

**Системы мониторинга сейсмической активности** обеспечение контроля за сейсмической активностью и своевременное оповещение о возможных землетрясениях. **Kinometrics** специализированные решения для мониторинга сейсмической активности. **Reftek** системы для мониторинга и анализа сейсмических данных.

**Системы телеметрии и дистанционного управления** - позволяют операторам контролировать и управлять ГЭС удаленно. Обеспечивают сбор данных в реальном времени и передачу их в диспетчерские центры. **OSIsoft PI System** платформа для сбора и анализа данных в реальном времени. **Emerson Ovation** система для мониторинга и управления технологическими процессами. Точность измерений и контрольных систем:  $\pm 0,5-1\%$ . Время отклика автоматических систем варьируется от нескольких миллисекунд до нескольких секунд в зависимости от функции и компонента системы. Например, аварийные клапаны должны срабатывать за миллисекунды, чтобы предотвратить повреждения оборудования, в то время как регулирование уровня воды в водохранилище может занимать больше времени.

Обеспечение операторам возможности управления оборудованием ГЭС удаленно. **ABB Ability™ System 800xA** интегрированная система управления, позволяющая дистанционно управлять процессами. **Honeywell Experion PKS** платформа для управления и мониторинга процессов в реальном времени, включая удаленное управление.

Гидроэлектростанции представляют собой сложные инженерные сооружения, в которых различные компоненты работают в единой системе для эффективного преобразования энергии воды в электричество. Благодаря своей возобновляемости и экологичности, гидроэнергетика играет важную роль в глобальной энергетической системе, несмотря на вызовы и ограничения, связанные с её эксплуатацией.

Системы контроля и управления гидроэлектростанций играют критическую роль в обеспечении их безопасной и эффективной эксплуатации. Современные программные решения для автоматизации, безопасности и телеметрии позволяют достигать высоких показателей точности и оперативности управления. Это способствует повышению общей надежности и эффективности гидроэлектростанций, что в свою очередь положительно влияет на стабильность и качество электроснабжения.

#### 6.4. Воздействие на окружающую среду

Гидроэнергетика, несмотря на свои многочисленные преимущества, оказывает значительное воздействие на окружающую среду. Это воздействие проявляется в различных формах и масштабах в зависимости от типа гидроэлектростанции и особенностей местоположения.

Таблица 6.1

<b>Воздействие на окружающую среду и социальные последствия</b>	
<b>Фактор</b>	<b>Подробности</b>
<b>Изменение гидрологического режима и экосистем</b>	
Затопление территорий	Уничтожение сельскохозяйственных угодий, лесов и населённых пунктов, потеря земель для сельского хозяйства, жилья и других нужд.
Изменение экосистем	Потеря биоразнообразия, исчезновение эндемичных видов растений и животных.
Потеря лесов и торфяников	Уничтожение лесов и торфяников, важных для поглощения углекислого газа и поддержания климатического баланса.
<b>Воздействие на водные экосистемы</b>	
Изменение гидрологических	Изменение режима течения рек, качества воды, режимов осадконакопления и сезонных колебаний

режимов	уровня воды.
Фрагментация рек	Препятствие миграции рыб и водных организмов, сокращение популяций рыб, особенно мигрирующих видов.
Заболевания и эвтрофикация	Развитие водорослей и микроорганизмов, эвтрофикация водоемов, ухудшение качества воды.
<b>Кумулятивные воздействия</b>	
Глобальные климатические изменения	Влияние на локальный и региональный климат, изменение микроклиматических условий, повышение влажности и изменение температурного режима.
Выбросы парниковых газов	Разложение биомассы в новых водохранилищах, выбросы метана.
<b>Социальные последствия</b>	
Переселение населения	Потеря жилья, средств к существованию и социальных связей из-за переселения.
Утрата культурного наследия	Уничтожение археологических памятников, культурных и исторических объектов.
Потеря средств к существованию	Трудности в поиске новых источников дохода для переселённых сообществ.
Социальное расслоение	Социальное расслоение и конфликты в новых местах проживания.
Заболевания	Очаги заболеваний, таких как малярия, в тропических регионах.
Психологический стресс	Психологический стресс и ухудшение психического здоровья у переселённого населения.
<b>Сейсмические риски</b>	
Индукцированная сейсмичность	Повышенный риск землетрясений из-за заполнения крупных водохранилищ.
Примеры индуцированной сейсмичности	Увеличение сейсмической активности, как в случае землетрясения на водохранилище Карачай в Кыргызстане.

Таблица 6.2

### Методы минимизации экологических последствий

Метод	Подробности
<b>Экологическое планирование и оценка</b>	
Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)	Тщательные исследования для оценки потенциальных воздействий на окружающую среду до начала строительства, разработка мер по их минимизации.
Учет экосистемных услуг	Включение оценки экосистемных услуг при планировании гидроэнергетических проектов для полного понимания их влияния на природу и общество.

<b>Инженерные решения и технологии</b>	
Рыбопропускные сооружения	Установка рыбопропускных сооружений (рыбоподъемников, рыбопроходов) для обеспечения миграции рыб через плотины.
Технологии управления водными ресурсами	Применение современных технологий для управления уровнем воды в водохранилищах, минимизация воздействия на экосистемы ниже по течению.
<b>Реабилитация и восстановление экосистем</b>	
Восстановление затопленных территорий	Восстановление экосистем на затопленных территориях (посадка лесов, создание новых мест обитания для животных).
Контроль за качеством воды	Мониторинг и улучшение качества воды для поддержания здоровых водных экосистем.

Таблица 6.3

#### Примеры устойчивых проектов

<b>Проект</b>	<b>Меры по сохранению биоразнообразия и экосистем</b>	<b>Социальные инициативы</b>
Итаипу ГЭС, Бразилия/Парагвай	Программы по переселению животных, защите рыбных популяций, лесовосстановительные мероприятия.	Поддержка местных сообществ через образовательные программы и улучшение инфраструктуры.
Трех ущелий ГЭС, Китай	Применение современных технологий для мониторинга и управления качеством воды, программы по восстановлению экосистем.	Обширные программы по переселению и поддержке экономического развития для пострадавших сообществ.

Эти таблицы предоставляют структурированный обзор экологических и социальных аспектов гидроэнергетики, методов минимизации негативных последствий и примеров устойчивых проектов.

### 6.5. Энергия Океанов.

#### Источники, принципы работы и перспективы развития

Энергия океанов может быть получена из нескольких различных источников, каждый из которых имеет свои уникальные характеристики и методы преобразования энергии.

**Приливная энергия.** Энергия, получаемая за счёт гравитационного взаимодействия Земли, Луны и Солнца, вызывающего периодические изменения уровня воды в океанах и морях. Приливные электростанции (ПЭС) используют плотины, турбины или другие механизмы для преобразования кинетической энергии приливов в электрическую энергию. Ключевые параметры - величина прилива, частота приливных циклов, географическое положение.

**Приливные электростанции (ПЭС):** плотины и шлюзы, устанавливаются в устьях рек или заливах для накопления приливной воды. Турбины размещаются в водопропускных каналах плотин, вращаются под воздействием приливной воды, производя электричество. Преимущества - высокая прогнозируемость, низкие эксплуатационные расходы, длительный срок службы. Недостатки - высокие капитальные затраты, экологические последствия, такие как изменение экосистем.

Перспективы - развитие новых технологий, таких как турбины с вертикальной осью и свободно плавающие турбины, для повышения эффективности и снижения затрат. Увеличение доли приливной энергии в энергетическом балансе стран с подходящими географическими условиями.

**Энергия волн,** энергия, получаемая от движения волн на поверхности океана, вызванного ветром и атмосферными процессами. Волновые электростанции используют плавающие буи, осцилляционные водяные колонны или другие устройства для преобразования механической энергии волн в электричество. Ключевые параметры - высота и частота волн, направление волновых фронтов, морские условия.



**Волновые электростанции:** плавающие буи используют кинетическую энергию волн для приведения в действие гидравлических или механических систем. Волны вызывают колебания уровня воды в колонне, создавая воздушный поток, который вращает турбину, находящуюся в осцилляционных водяных колоннах. Связанные между собой плавающие элементы пантоны и пловцы, которые движутся под воздействием волн, генерируя электричество через механические системы. Преимущества - могут быть установлены в различных морских условиях, не требуют значительных изменений в ландшафте. Недостатки - подвержены износу, сложность обслуживания в морских условиях, воздействие на морскую флору и фауну.

Перспективы - развитие гибридных систем, объединяющих волновую и приливную энергию для повышения общей эффективности. Усиление международного сотрудничества и обмена технологиями для ускорения внедрения волновых энергетических установок.

**Термальная энергия океанов (ОТЕС),** энергия, получаемая за счёт разницы температур между поверхностными и глубоководными слоями океана. Системы ОТЕС используют теплообменники и турбины для преобразования тепловой энергии в электрическую энергию. Ключевые параметры - температурный градиент, глубина океана, географическое положение.

При замкнутом цикле. Использует тепло поверхностной воды для испарения рабочей жидкости (например, аммиака), пар которой вращает турбину. Затем пар охлаждается глубоководной холодной водой, конденсируется и цикл повторяется. При открытом цикле морская вода испаряется при низком давлении, полученный пар вращает турбину, затем конденсируется с использованием холодной глубинной воды. При гибридном цикле сочетаются элементы замкнутого и открытого циклов для повышения эффективности. Преимущества - постоянный источник

энергии, отсутствие выбросов углекислого газа. Недостатки - высокие капитальные затраты, сложность технического обслуживания, необходимость в специфических географических условиях.

Перспективы - исследование и развитие новых материалов и технологий для повышения эффективности и снижения затрат на строительство и эксплуатацию ОТЕС систем. Применение ОТЕС для производства не только электроэнергии, но и опреснения воды и аквакультуры.

Энергия океанов представляет собой значительный потенциал для устойчивого энергетического будущего, благодаря разнообразию источников и технологических решений. Развитие технологий приливной, волновой и термальной энергии океанов требует значительных инвестиций в научные исследования и инженерные разработки. Однако успешная реализация текущих проектов и дальнейшее расширение использования океанической энергии могут значительно способствовать снижению зависимости от ископаемых видов топлива и смягчению последствий глобального изменения климата.

## **6.6. Перспективы развития гидроэнергетики**

Гидроэнергетика остается одним из наиболее перспективных источников возобновляемой энергии, благодаря своей высокой эффективности, надежности и экологичности. Однако, чтобы раскрыть весь потенциал этого сектора, необходимо учитывать несколько ключевых аспектов, таких как технологические инновации, политическая и экономическая поддержка, а также международное сотрудничество.

### **Технологические инновации**

Развитие интеллектуальных систем управления является одним из важнейших направлений в гидроэнергетике. Внедрение таких систем, как программируемые логические контроллеры (PLC) и системы управления технологическими процессами (SCADA), позволяет значительно повысить

эффективность и безопасность работы гидроэлектростанций (ГЭС). Эти системы обеспечивают автоматизированное управление процессами на ГЭС, включая мониторинг и регулирование параметров турбин и генераторов, что ведет к увеличению производительности, снижению эксплуатационных расходов и повышению надежности работы станций.

Другим значительным направлением являются инновационные турбины. Современные разработки, такие как турбины Каплана и турбины с регулируемыми лопастями, позволяют эффективно использовать гидроэнергетический потенциал даже на малых реках и водотоках. Эти турбины обеспечивают высокую эффективность при различных режимах работы, что особенно важно для малых и микро-ГЭС.

Внедрение систем накопления энергии также играет ключевую роль в развитии гидроэнергетики. Использование аккумуляторных батарей и водородных технологий для хранения избыточной электроэнергии позволяет компенсировать непостоянство выработки и обеспечивать стабильность энергоснабжения. Это повышает надежность энергосистем и позволяет интегрировать гидроэнергетику с другими возобновляемыми источниками энергии.

### **Политическая и экономическая поддержка**

Государственные программы и субсидии оказывают значительное влияние на развитие гидроэнергетики. Программы по стимулированию возобновляемой энергии, предоставление государственных грантов и льготных кредитов для строительства и модернизации ГЭС, а также налоговые льготы для инвесторов способствуют ускорению внедрения новых технологий и снижению финансовых рисков.

Регулирование и стандарты также играют важную роль. Установление строгих экологических и технических стандартов способствует устойчивому развитию гидроэнергетики. Эти нормативы обеспечивают минимизацию негативного воздействия на окружающую

среду и повышение качества и безопасности гидроэнергетических установок.

Международные инициативы и соглашения, такие как Парижское соглашение и программы международных фондов, также способствуют развитию гидроэнергетики. Обязательства по сокращению выбросов парниковых газов стимулируют развитие возобновляемых источников энергии, а международное финансирование позволяет развивать гидроэнергетику в развивающихся странах.

### **Международные проекты и сотрудничество**

Реализация крупных трансграничных гидроэнергетических проектов способствует региональной интеграции и устойчивому развитию. Примеры таких проектов включают ГЭС "Рогун" в Таджикистане и "Три ущелья" в Китае. Эти проекты укрепляют региональную энергетическую безопасность и стимулируют экономический рост.

Обмен знаниями и технологиями является важным аспектом международного сотрудничества. Совместные научные исследования, программы обмена учеными и инженерами, а также международные конференции и семинары способствуют ускорению научно-технического прогресса и распространению лучших практик в области гидроэнергетики.

Глобальные инициативы и альянсы, такие как Международное агентство по возобновляемой энергии (IRENA) и Глобальный альянс за чистую энергию, играют ключевую роль в координации усилий и мобилизации ресурсов для развития гидроэнергетики. Эти организации поддерживают программы и инициативы по продвижению чистых источников энергии, обеспечивая усиление глобального сотрудничества и увеличение инвестиций в возобновляемую энергетику.

### **Значение для зеленой энергетики**

Гидроэнергетика обладает ключевым значением для зеленой энергетики, так как она предлагает устойчивое решение для снижения

зависимости от ископаемых топлив и уменьшения выбросов парниковых газов. В отличие от традиционных источников энергии, таких как уголь и нефть, гидроэлектростанции не выбрасывают углекислый газ в атмосферу во время генерации электроэнергии. Это делает их важной частью стратегий по снижению углеродного следа и борьбе с глобальным потеплением.

Кроме того, гидроэнергетика может способствовать улучшению устойчивости энергосистем. Благодаря своей способности к накоплению энергии и быстрому реагированию на изменения в потреблении, гидроэлектростанции могут эффективно балансировать переменные источники энергии, такие как солнечные и ветровые электростанции, тем самым увеличивая их интеграцию в энергосистему.

Развитие малых и микро-ГЭС также способствует децентрализации энергоснабжения, что является важным аспектом устойчивого развития. Эти установки могут быть расположены ближе к потребителям энергии, снижая потребность в длительных и затратных трансмиссионных линиях и улучшая доступ к энергии в отдаленных и развивающихся районах.

### **Значение для Республики Узбекистан**

Для Республики Узбекистан гидроэнергетика представляет собой стратегически важный сектор, способствующий диверсификации энергетических ресурсов и укреплению энергетической безопасности. Узбекистан обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом, который может быть эффективно использован для производства электроэнергии, особенно в горных и речных районах.

Развитие гидроэнергетики в стране позволяет не только улучшить качество энергоснабжения, но и создать новые рабочие места, способствовать экономическому развитию регионов и улучшению инфраструктуры. Важным шагом в этом направлении является реализация проектов по строительству и модернизации гидроэлектростанций, которые

помогут стране сократить зависимость от импортируемых энергоресурсов и обеспечить устойчивое развитие в будущем.

Таким образом, гидроэнергетика является важным компонентом национальной энергетической стратегии Узбекистана, способствуя достижению целей в области устойчивого развития и экологии, а также обеспечивая надежное и эффективное энергоснабжение страны.

Перспективы развития гидроэнергетики обусловлены интеграцией технологических инноваций, политической и экономической поддержкой, а также международным сотрудничеством. Совместные усилия в этих направлениях позволят не только увеличить долю гидроэнергетики в глобальном энергетическом балансе, но и способствовать устойчивому развитию, снижению выбросов парниковых газов и обеспечению энергетической безопасности. Развитие новых технологий и расширение международного сотрудничества станут ключевыми факторами успешной реализации гидроэнергетических проектов в будущем, что, в свою очередь, поддержит достижения в области зеленой энергетики и поможет справиться с глобальными вызовами экологической устойчивости.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что представляет собой гидроэнергетика и какова её основная цель?
2. Какие исторические этапы развития гидроэнергетики можно выделить и какие ключевые события произошли в эти периоды?
3. Какую роль гидроэнергетика играет в глобальной энергетической системе, и какие статистические показатели подтверждают её значимость?
4. Какие преимущества гидроэнергетики можно выделить по сравнению с другими источниками энергии?
5. Какие экологические и социальные последствия могут возникнуть при строительстве и эксплуатации гидроэлектростанций?

6. Что такое плотинные гидроэлектростанции и каковы основные компоненты и принцип их работы?

7. Опишите структуру и принцип работы русловых гидроэлектростанций. Какие примеры таких станций можно привести?

8. Чем отличаются деривационные гидроэлектростанции от других типов ГЭС и в чём заключаются их преимущества и недостатки?

9. Какие виды энергии океанов существуют, и каковы принципы работы приливных и волновых электростанций?

10. Каковы перспективы развития гидроэнергетики в контексте технологических инноваций, политической и экономической поддержки, а также международного сотрудничества? Какое значение гидроэнергетика имеет для зелёной энергетики и Республики Узбекистан?