



# + Обзор и ключевые темы блока: Гидроэлектростанции (Unit 32)

Познание ГЭС: устройство, роль в энергетике и экологические аспекты.

# Истоки и развитие гидроэнергетики



Гидроэнергетика развивается с XIX века, начиная с первых ГЭС и водяных мельниц, и сегодня играет ключевую роль в мировой энергетике, составляя важную часть зеленого перехода.

# Принцип работы гидроэлектростанции



ГЭС преобразует потенциальную энергию воды в механическую, используя перепад высот и поток воды для вращения турбин, что является основой генерации электроэнергии.



Двигателем системы служит турбина, вращаемая потоком воды, благодаря чему создается механическая энергия, которая далее преобразуется в электричество генераторами.



Для стабильной работы применяются инженерные конструкции, регулирующие поток и обеспечивающие контроль, что гарантирует бесперебойную выработку электроэнергии.

# Типология гидроэлектростанций: основные виды



## Деривационные станции

Эти ГЭС используют каналы и водоводы для направления воды на турбины, что обеспечивает гибкость в выборе местоположения и снижает экологическое воздействие за счёт минимального вмешательства в реку.



## Плотинные гидроэлектростанции

Строятся на крупных реках с высоким уровнем водосброса, эти станции создают водохранилища, обеспечивая значительную мощность, но при этом оказывают существенное влияние на окружающую экосистему.



## Насосно-аккумулирующие станции

Эти установки предназначены для хранения избыточной энергии путём перекачки воды вверх в период низкого потребления, что позволяет балансировать энергосистему при изменениях нагрузки.

# Крупнейшие гидроэлектростанции мира: характеристики и значения

01.

ГЭС Три Ущелья в Китае — самая мощная мировая станция с установленной мощностью 22 500 МВт, играющая важную роль в национальной энергетике и управлении водными ресурсами.

02.

Итайпу на границе Бразилии и Парагвая демонстрирует рекордный годовой объём выработки. Её мощность составляет 14 000 МВт, обеспечивая энергией сотни тысяч домов и промышленных предприятий.

03.

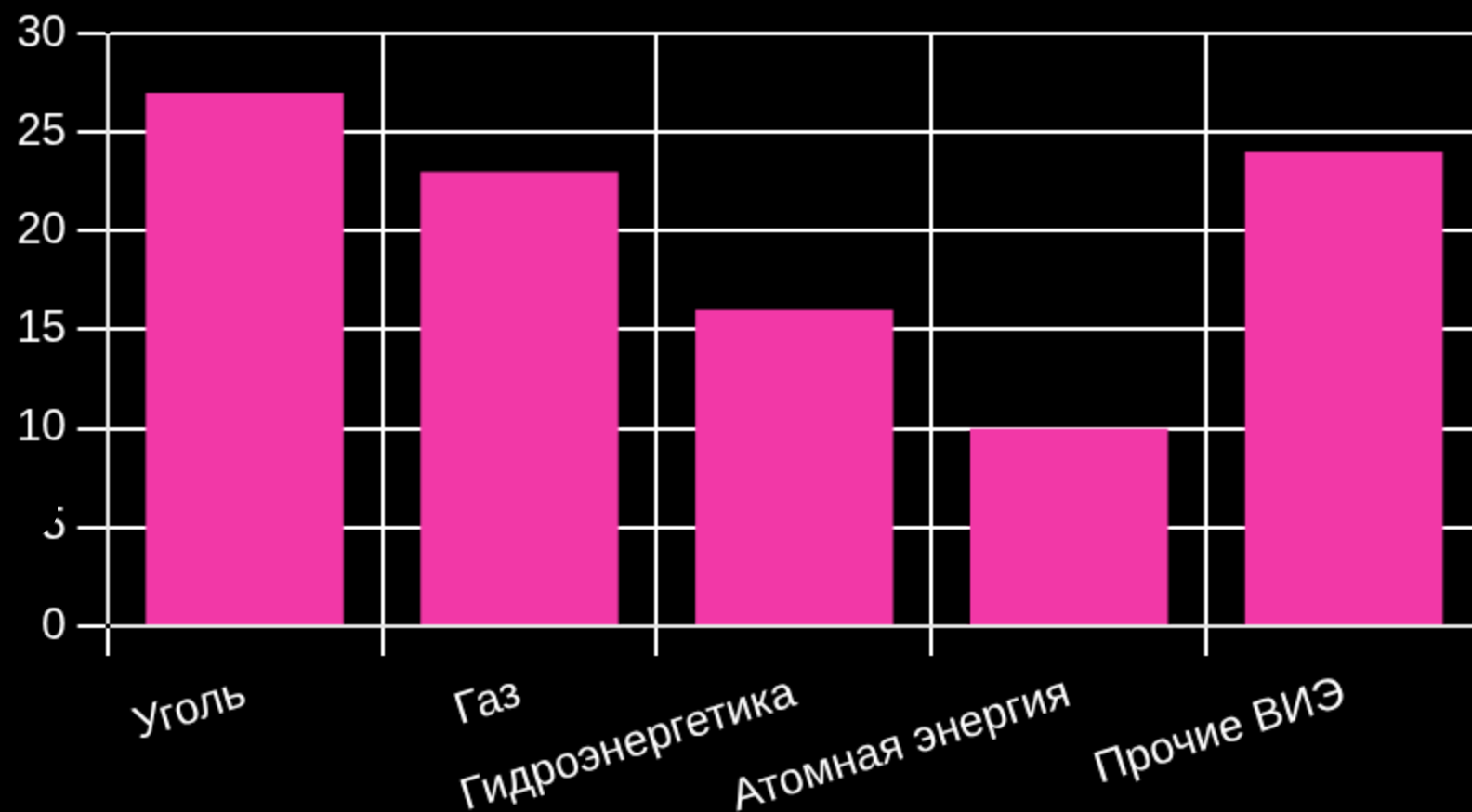
Саяно-Шушенская станция — ключевой энергетический объект России с мощностью 6400 МВт, обеспечивающий свыше половины гидроэнергетики Сибири и поддерживающий развитие региона.

04.

Эти крупнейшие ГЭС не только снабжают энергией, но и способствуют укреплению международного сотрудничества и развитию инфраструктуры в прилегающих регионах.

# Мировой энергетический баланс по источникам (2020)

Распределение мирового производства электроэнергии по источникам



Гидроэнергетика остаётся крупнейшим возобновляемым источником электроэнергии, значительно превышая солнечную и ветровую генерацию.

Несмотря на доминирование ископаемого топлива, гидроэнергетика играет

- ключевую роль в снижении углеродного следа за счёт стабильного производства чистой энергии.

IEA, 2021

# Ключевые технические компоненты ГЭС



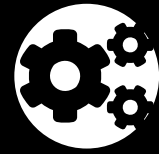
## Плотина

Создаёт водохранилище и регулирует подачу воды, обеспечивая необходимый перепад высоты для эффективной работы турбин.



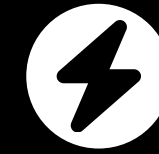
## Водоводы

Направляют воду от водохранилища к турбинам, обеспечивая контролируемый и равномерный поток для генерации энергии.



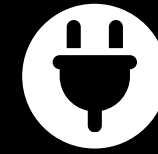
## Турбины

Преобразуют кинетическую энергию потока воды в механическую энергию вращения, являясь центральным элементом производства электроэнергии.



## Генераторы

Преобразуют механическую энергию турбин в электрическую посредством электромагнитной индукции.



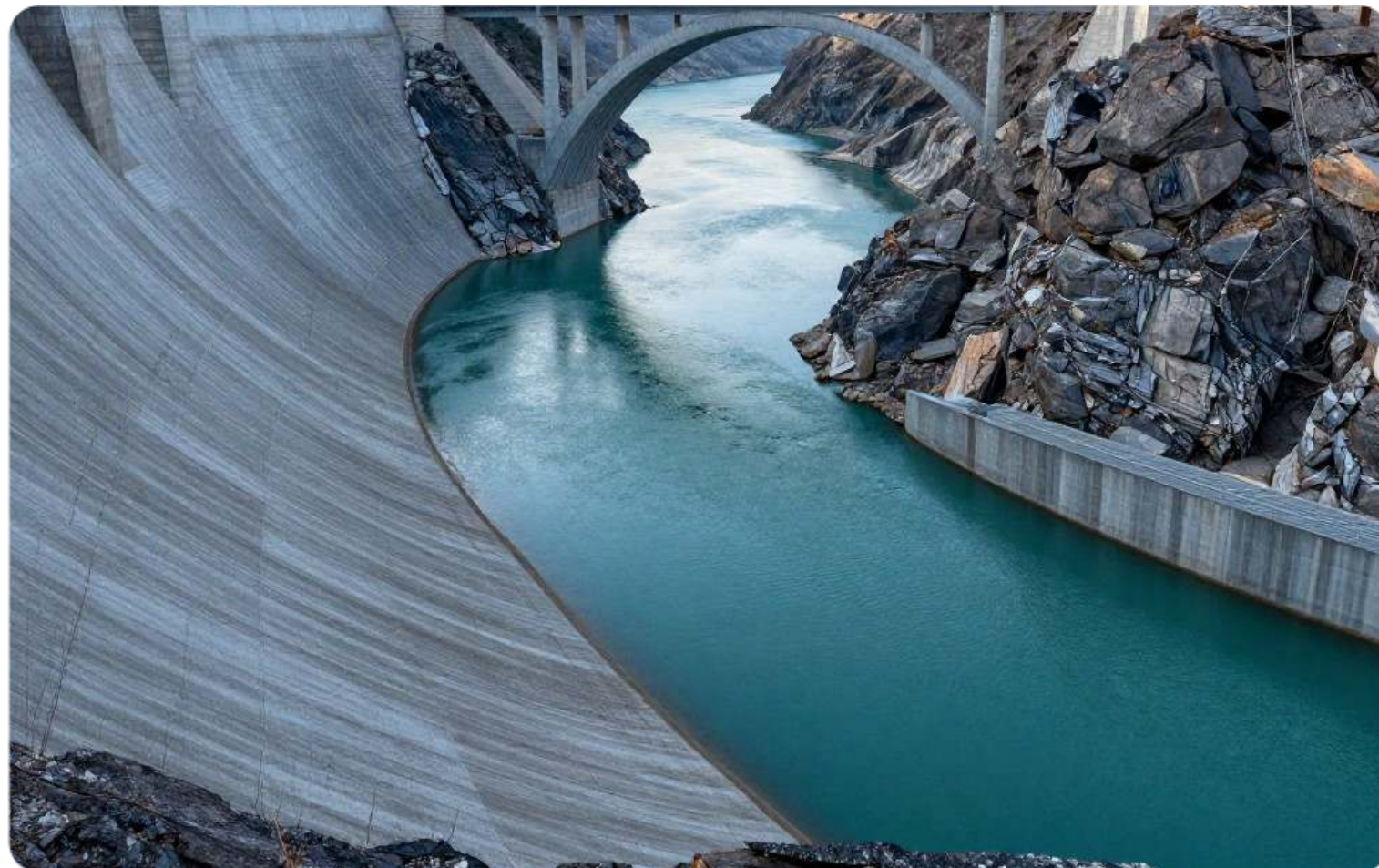
## Трансформаторы и системы распределения

Повышают напряжение для передачи электроэнергии на большие расстояния и обеспечивают её распределение по энергосети.

# Плотины: конструкции и материалы

- **Типы конструкций плотин**

Гравитационные плотины удерживают воду за счёт собственного веса, арочные распределяют давление на скалы берегов, а контрфорсные и земляные применяются в зависимости от рельефа и условий участка.



- **Материалы и выбор конструкции**

Основные материалы включают бетон, бутовый камень, грунт и каменную кладку. Выбор материала основывается на геологических и гидрологических характеристиках территории, а также требуемом объёме водохранилища.

# Типы турбин для гидроэлектростанций



- Турбины Каплана радиально-осевого типа применяются при низком напоре и высоком расходе воды, они адаптируются к изменяющимся гидрологическим условиям с высоким КПД.

- Пелтоновые ковшовые турбины эффективны при высоком напоре и малом расходе, их конструкция позволяет использовать энергию быстрого потока с максимальной отдачей.

- Поворотно-лопастные турбины универсальны и могут работать в разнородных условиях с изменяемыми параметрами потока, сохраняя высокую эффективность и надёжность.

# Сравнительная таблица типов ГЭС по ключевым параметрам

| Тип станции            | КПД | Стоимость     | Экологическое воздействие | Срок окупаемости (лет) |
|------------------------|-----|---------------|---------------------------|------------------------|
| Плотинная              | 90% | Высокая       | Существенное              | 10-15                  |
| Деривационная          | 85% | Средняя       | Умеренное                 | 10-15                  |
| Насосно-аккумулирующая | 75% | Очень высокая | Минимальное               | 20-30                  |

Оценка эффективности, стоимости и экологического воздействия основных типов гидроэлектростанций.

Плотинные ГЭС отличаются высокой эффективностью и быстрой окупаемостью, но требуют серьёзных экологических мер, тогда как деривационные и насосно-аккумулирующие станции являются более экологичными, но имеют свои ограничения.

Сводные данные энергетических исследовательских институтов, 2023

# Экологическое воздействие гидроэлектроэнергетики



- **Затопление территорий и экологические последствия**

При строительстве плотин часто затопляются обширные лесные и сельскохозяйственные земли, что приводит к разрушению естественных экосистем и переселению местных сообществ. Это существенно меняет ландшафт и биологическое разнообразие региона.



- **Изменение миграционных путей рыб**

Гидроэлектростанции могут создавать барьеры для миграции рыб, нарушая их жизненный цикл. Для смягчения этих последствий применяют специальные конструкции — искусственные рыбоходы, позволяющие рыбам обходить плотины.



- **Отсутствие выбросов и меры экологического контроля**

ГЭС не производят прямых выбросов углекислого газа и способствуют снижению загрязнения воздуха по сравнению с традиционными электростанциями. Для мониторинга состояния окружающей среды внедряют системы эко-мониторинга и контролируют водные ресурсы.

# Преимущества гидроэлектроэнергии



Гидроэнергия — возобновляемый ресурс, способный регулярно пополняться за счёт естественного водного цикла. Это обеспечивает постоянство и стабильность производства электричества.



Отсутствуют затраты на топливо, поскольку вода не требует добычи, что снижает себестоимость и исключает зависимость от ископаемых ресурсов.



Оборудование гидроэлектростанций характеризуется высокой надёжностью и долговечностью, способно функционировать без перебоев в течение нескольких десятилетий.



ГЭС обеспечивают мгновенный пуск и точное регулирование мощности, что важно для балансировки и управления энергосистемами в реальном времени.

# Ограничения и недостатки: экономические и экологические аспекты

01.

Строительство гидроэлектростанций требует значительных капитальных вложений и долгого периода окупаемости, что ограничивает масштаб и темпы развития отрасли.

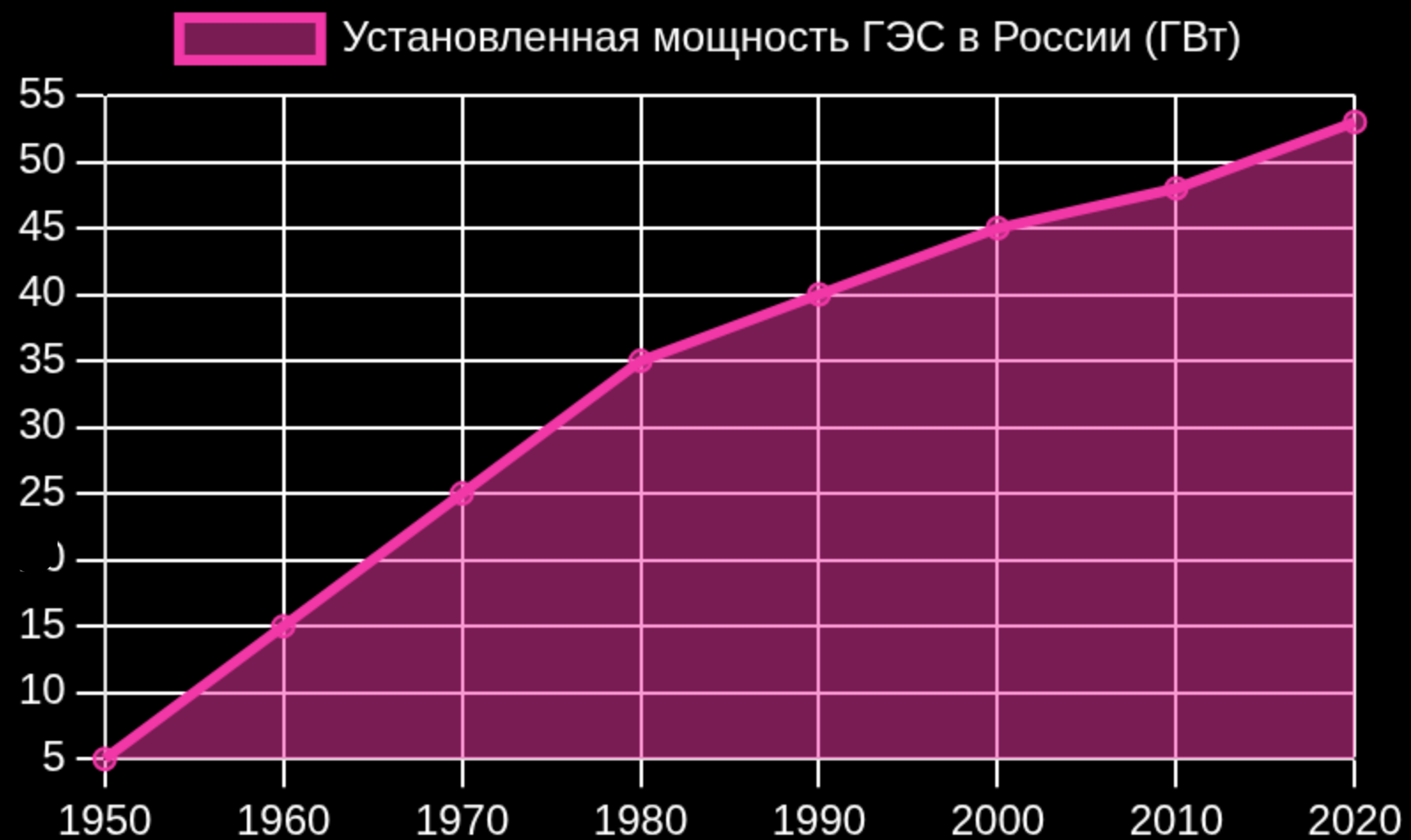
02.

Гидроэнергетика зависит от географических условий: успешное возведение возможно лишь на реках с подходящими гидрологическими характеристиками и перепадами высот.

03.

Экологические риски включают потерю биоразнообразия, разрушение уникальных природных экосистем и необходимость переселения людей из зон затопления.

# Динамика гидроэнергетики России: мощность и доля в энергобалансе



- Сибирь и Дальний Восток продолжают оставаться лидерами по развитию ГЭС благодаря богатству водных ресурсов и низкой плотности населения.
- Рост мощности ГЭС в России отражает стратегическую важность гидроэнергетики для устойчивого энергоснабжения и регионального развития.

Минэнерго России, 2021

# Современные гидроэнергетические проекты: примеры и инновации



Богучанская ГЭС в России демонстрирует высокий уровень автоматизации, что повышает эффективность работы и снижает влияние на окружающую среду.



Модернизация Итайпу включает внедрение цифровых систем управления и обновление турбин, что значительно улучшило производственные показатели станции.



В Европе малые гидроэлектростанции развиваются с учётом строгих экологических требований, используя современные технологии для минимизации воздействия на природу.

# Малые и микро-ГЭС: роль для регионов и экологический эффект



## Автономное энергоснабжение в отдалённых районах

Малые и микро-ГЭС обеспечивают независимость от централизованных сетей для малых населённых пунктов, повышая качество жизни и снижая затраты на электроэнергию в труднодоступных местах.



## Минимальное вмешательство в природные экосистемы

Такие станции не требуют строительства больших плотин и водохранилищ, что позволяет сохранять природные ландшафты и снижать негативное воздействие на животных и растительный мир.

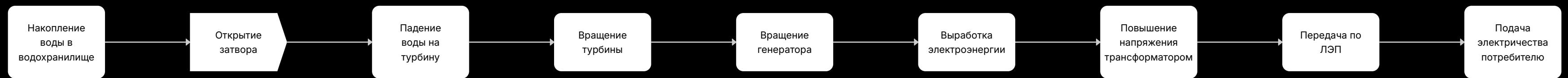


## Мировой рост популярности малой гидроэнергетики

Развитие малой и микро-ГЭС наблюдается в России, ЕС, Индии и Китае, что обусловлено их экологической совместимостью и возможностью диверсифицировать энергетический баланс.

# Процесс производства электроэнергии на гидроэлектростанции

Последовательные этапы выработки и передачи электричества от воды к потребителю



# Гидроэнергетика и мировая энергетическая трансформация



- Гидроэлектростанции способствуют декарбонизации, уменьшению выбросов углерода и переходу на возобновляемые источники энергии в глобальном масштабе.

- Интеграция гидроэнергетики с солнечной и ветровой энергией улучшает балансировку и стабильность энергосистем, позволяя компенсировать переменную выработку.

- Развитие «умных сетей» с гидроузлами обеспечивает эффективное управление потоками электроэнергии, снижая зависимость от угольных и газовых электростанций.

# Будущие вызовы и возможности гидроэнергетики

## 01.

Необходима модернизация ГЭС с внедрением цифровых систем мониторинга и управления для повышения эффективности и экологической устойчивости объектов. Это позволит адаптироваться к современным требованиям.

## 02.

Изменение климата требует повышения адаптивности гидроэнергетической инфраструктуры к экстремальным погодным условиям, сохраняя при этом устойчивость и надёжность электроснабжения.



# Гидроэнергетика: основа устойчивого энергетического будущего



Гидроэлектростанции остаются ключевым элементом чистой энергетики, обеспечивая надёжность и интеграцию возобновляемых источников. Их развитие связано с цифровизацией, экологическими инновациями и рациональным управлением ресурсами.