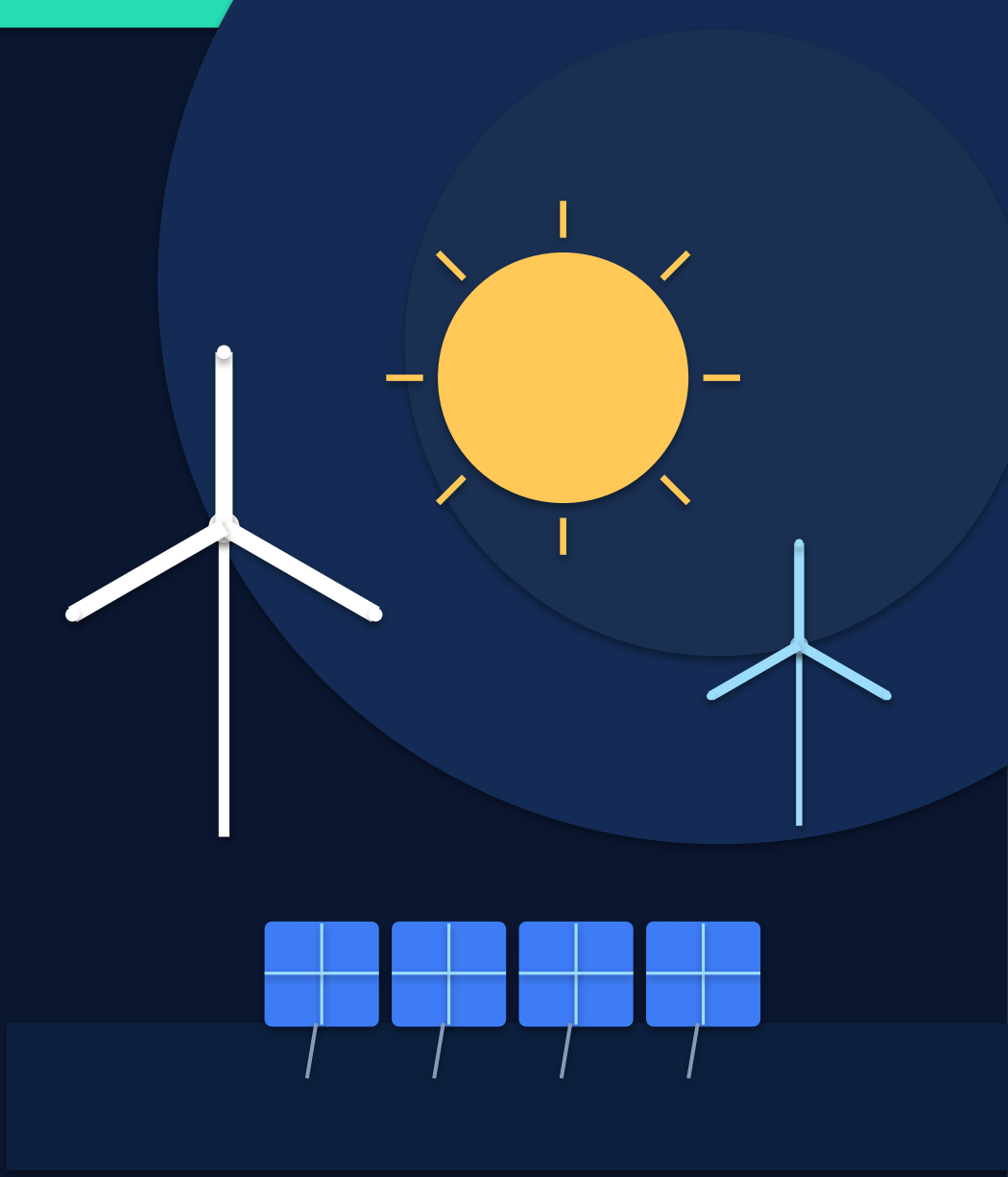
КУРС • 10 ЛЕКЦИЙ

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ЛЕКЦИЯ 01

Современное состояние энергетических ресурсов



Источники энергии • запасы и ресурсы • развитие ВИЭ

Что изучим на этой лекции

От энергетических ресурсов — к ограничениям их освоения и современным трендам.

Разобраться

В традиционных, нетрадиционных и возобновляемых источниках.

Различать

Ресурсы и запасы с учётом технологических и экономических факторов.

Оценивать

Потенциал солнца, ветра, воды, биомассы и геотермальной энергии.

Сопоставлять

Исторические оценки с современной статистикой энергетики.

Как менялись источники энергии

Развитие технологий меняло не только топливо, но и способы преобразования энергии.

Биомасса и мускульная сила

01

Тепло и простая работа

Ветер и водяные колёса

02

Механический привод

Паровые и тепловые машины

03

Массовое применение топлива

Электрификация и ВИЭ

04

Генерация и цифровые сети

Главная закономерность: новые технологии расширяют спектр доступных источников энергии.

Какие источники энергии существуют?

Традиционность — исторический термин. Возобновляемость — физико-ресурсный признак.

Невозобновляемые

Уголь, нефть, природный газ, ядерное топливо.

Формируются или восполняются значительно медленнее, чем расходуются.

Возобновляемые (ВИЭ)

Солнечная, ветровая, гидроэнергия, биомасса, геотермальная и морская энергия.

Восполняются естественными процессами, но имеют ограничения.

НЮАНС • Гидроэнергия традиционно применяется в больших масштабах, но относится к ВИЭ.

От первичного источника к полезной работе

Любая энергетическая установка — цепь преобразований с потерями на каждом этапе.

1

Ресурс

Солнце, ветер, топливо

→

2

Преобразователь

Панель, турбина, двигатель

→

3

Энергоноситель

Электричество, тепло

→

4

Потребитель

Дом, транспорт, производство

Эффективность системы зависит от КПД преобразования, хранения, передачи и управления нагрузкой.

Ресурс ≠ запас

В лекции подчёркивается различие принципиально доступного и реально извлекаемого объёма.



Почему запас меньше ресурса?

- Технологическая доступность
- Экономическая рентабельность
- Экологические и правовые ограничения

Запас меняется при изменении технологий, цен и условий эксплуатации.

Почему преобладает ископаемое топливо?

Высокая энергоёмкость, управляемость и развитая инфраструктура — вместе с ресурсными и экологическими ограничениями.

Твёрдое топливо

УГОЛЬ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

ТЭС и промышленное тепло

ОГРАНИЧЕНИЕ

Выбросы и воздействие добычи

Жидкое топливо

НЕФТЬ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Транспорт и нефтехимия

ОГРАНИЧЕНИЕ

Ценовые колебания, выбросы

Газообразное топливо

ГАЗ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Тепло, электроэнергия, химия

ОГРАНИЧЕНИЕ

Выбросы CO_2 и утечки метана

Два основных изотопа природного урана

АЭС использует энергию деления тяжёлых ядер, а не химического сгорания.



^{238}U — ~99,3 %

Основная доля природного урана.

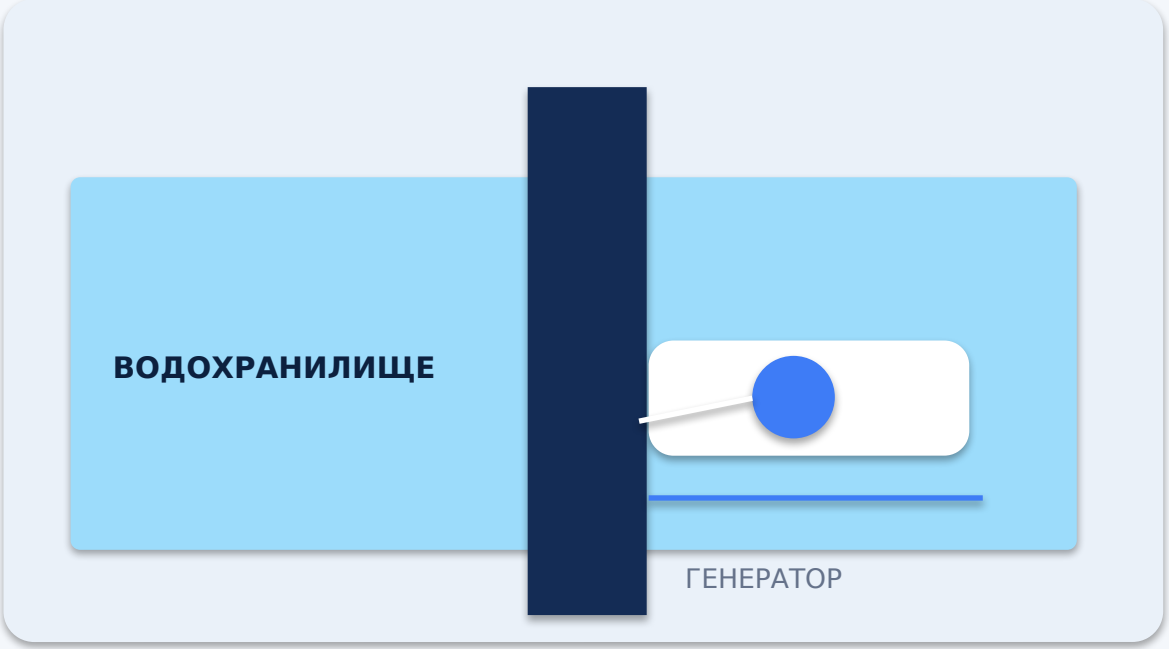
^{235}U — ~0,7 %

Делящийся изотоп, используемый в топливном цикле АЭС.

Вопрос безопасности: радиационная защита, отходы, аварийные риски.

Гидроэнергия — давно освоенный ВИЭ

Течение и перепад высот превращаются в механическую, затем в электрическую энергию.



Большие ГЭС

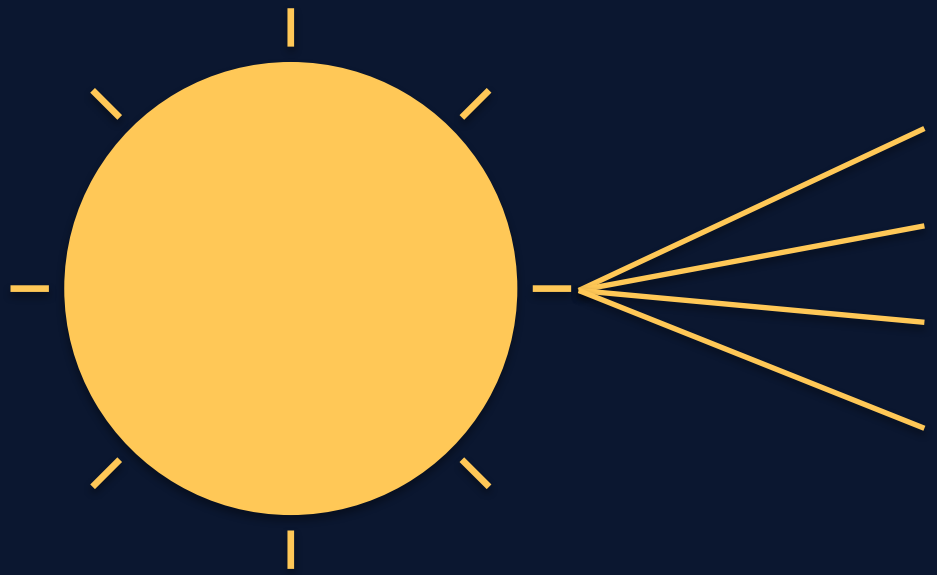
Системная выработка и регулирование нагрузки; возможны значительные экологические последствия.

Малые ГЭС

Подходят для локального снабжения при наличии подходящего водотока.

Солнце — основной внешний поток энергии

Поток солнечного излучения масштабен, но доступная выработка зависит от региона и условий.



ИЗ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИИ

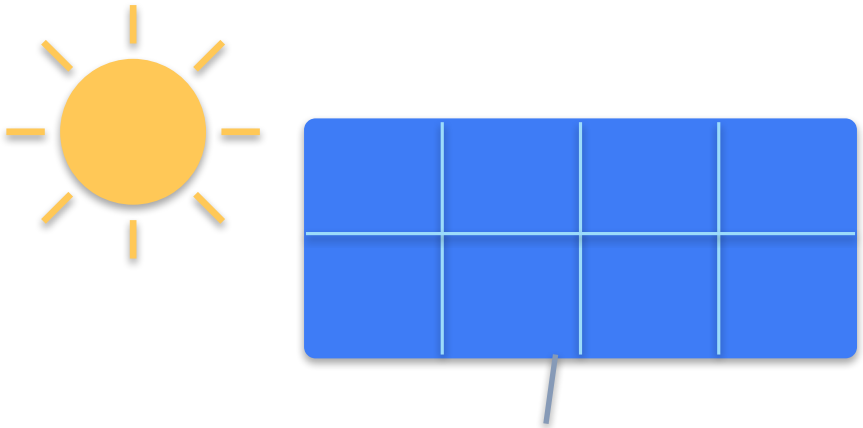
≈1,4 кВт/м²

Поток на верхней границе атмосферы (приближённая оценка).

На поверхности поток меняется из-за атмосферы, облачности и геометрии освещения.

Два способа использовать солнечную энергию

Фотоэлектрическое преобразование даёт электричество; солнечная теплотехника — полезное тепло.



СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ

Свет → электрическая энергия



СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ

Излучение → тепловая энергия

Почему скорость ветра так важна?

Энергия потока, проходящего через единицу площади, растёт с кубом скорости.

$$P_{потока} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

ρ — плотность воздуха A — площадь v — скорость



Пример: ρ = 1,225 кг/м³, A = 1 м², мощность самого потока до отбора энергии.

Установленная мощность — ещё не выработка

Для проектирования ВЭУ важны измерения скорости по высоте и роза ветров в течение года.

Годовая генерация

$$E \approx P_{уст} \cdot КИУМ \cdot 8760\ ч$$

КИУМ — коэффициент использования установленной мощности.

Параметры оценки

- Распределение скоростей и направления
- Высота оси ротора и шероховатость
- Турбулентность, рельеф и потери

Пример формулы для учебных расчётов; фактическую выработку определяют по характеристикам ВЭУ и метеоданным.

Биомасса возобновляется, но не бесконечно

Устойчивое использование возможно только при соблюдении баланса воспроизводства.



ИЗ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИИ

≈20 МДж/кг

Ориентировочная средняя теплота сгорания биомассы (сильно зависит от влажности и состава).

КРИТЕРИЙ УСТОЙЧИВОСТИ **Темп использования ≤ темп воспроизводства биомассы.**

Геотермальная и морская энергетика

География определяет доступность: потенциал концентрируется там, где условия благоприятны.

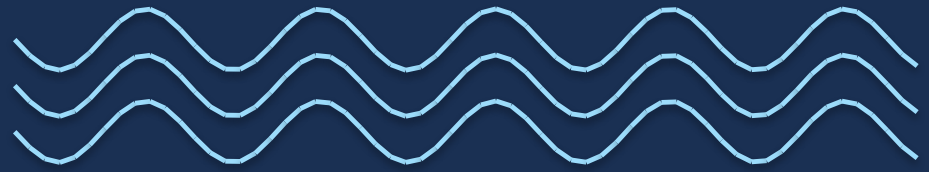
ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ

Подземное тепло → пар / горячая вода → электричество и теплоснабжение.



МОРСКАЯ

Приливы, волны, течения и температурные градиенты.



Ограничения: капитальные затраты, экология, доступность площадки и сетей.

Что определяет практический выбор источника?

Наличие ресурса само по себе не гарантирует эффективный энергетический проект.

ИСТОЧНИК	ПРЕИМУЩЕСТВО	КЛЮЧЕВОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ
Солнечная	Масштабируемость	Суточная и сезонная изменчивость
Ветровая	Большой потенциал ряда территорий	Нестабильность ветрового потока
Гидро	Управляемость выработки	География и воздействие на экосистемы
Биоэнергетика	Использование органических потоков	Устойчивое сырьё и выбросы
Геотермальная	Доступное круглосуточное тепло	Зависимость от геологии
Морская	Прогнозируемость приливов	Стоимость, размещение, экология

КРИТИЧЕСКОЕ ЧТЕНИЕ

Не все прогнозы из исходной лекции актуальны

Данные о нефтяных запасах и мощностях ВИЭ в учебном тексте относятся к более раннему периоду.

В ИСХОДНОМ ТЕКСТЕ

Нефть будет выкачана к 2040 г.

Сценарный прогноз автора старого учебного материала, а не установленный факт.

КАК ЧИТАТЬ СЕГОДНЯ

Отделять сценарии от подтверждённых данных

Учитывать новые месторождения, технологию добычи, спрос и изменение энергетического баланса.

Мировая возобновляемая энергетика сегодня

По итогам 2025 года, согласно отчётам IRENA (2026) и Ember (2026).

5 149 ГВт
установленная мощность ВИЭ в мире

+692 ГВт
новые мощности ВИЭ за 2025 год

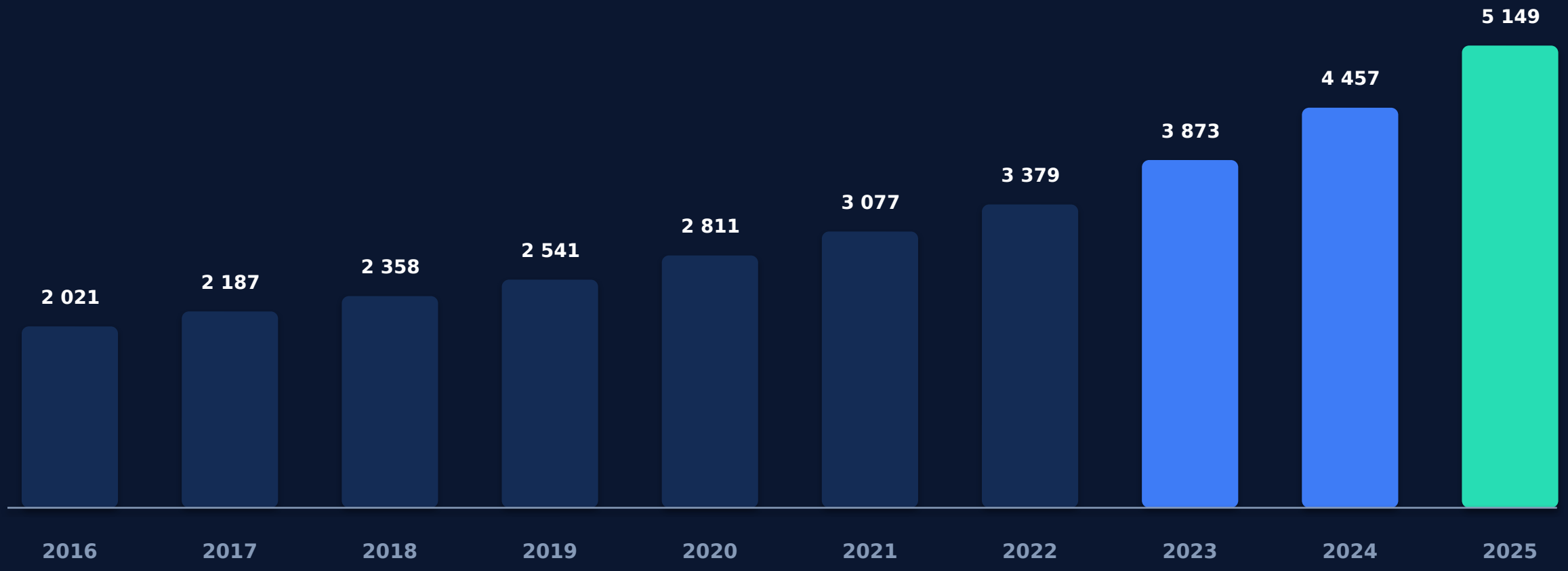
49,4 %
ВИЭ в мировой установленной мощности

33,8 %
доля ВИЭ в выработке электроэнергии

Важно: ГВт описывает мощность; проценты выработки отражают фактически произведённую электроэнергию.

Мировая мощность ВИЭ: рост 2016–2025

Установленная мощность ВИЭ, ГВт, конец года. Источник: IRENA Renewable capacity statistics 2026.



Пять выводов первой лекции

Энергетический переход не отменяет физику и экономику — он меняет доступные решения.

01 **Источники энергии различаются по восполняемости и способам преобразования.**

02 **Ресурс — физический потенциал, запас — практически доступная часть.**

03 **Эффективность ВИЭ зависит от географии, режима и особенностей технологии.**

04 **Мощность установки и годовая выработка энергии — разные величины.**

05 **Статистику и прогнозы всегда необходимо проверять на дату публикации.**

ПРОВЕРКА ЗНАНИЙ

Вопросы для обсуждения

Проверьте, можете ли вы объяснить явления и применить их к реальной энергетической системе.

1. Чем отличаются традиционные и возобновляемые источники энергии?

2. Как различаются ресурс и запас? Почему запас изменяется?

3. Почему при удвоении скорости ветра мощность потока меняется в 8 раз?

4. В чём различие солнечной панели и солнечного коллектора?

5. Почему биоэнергетику нельзя считать безусловно неисчерпаемой?

6. Почему данные об установленной мощности нельзя приравнивать к выработке?

Источники и примечания

Лекция основана на загруженном материале и дополнена подтверждёнными современными данными.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

«Лекция 1. Современное состояние энергетических ресурсов», Word-файл преподавателя, с. 1–8.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА

IRENA (2026). Renewable Capacity Statistics 2026. irena.org/Publications/2026/Mar/Renewable-capacity-statistics-2026

Ember (2026). Global Electricity Review 2026. ember-energy.org/latest-insights/global-electricity-review-2026/

Замечание: исторические оценки и прогнозы исходной лекции не следует трактовать как статистику 2026 года.