# Энергоснабжение ЦОД

## основные тенденции

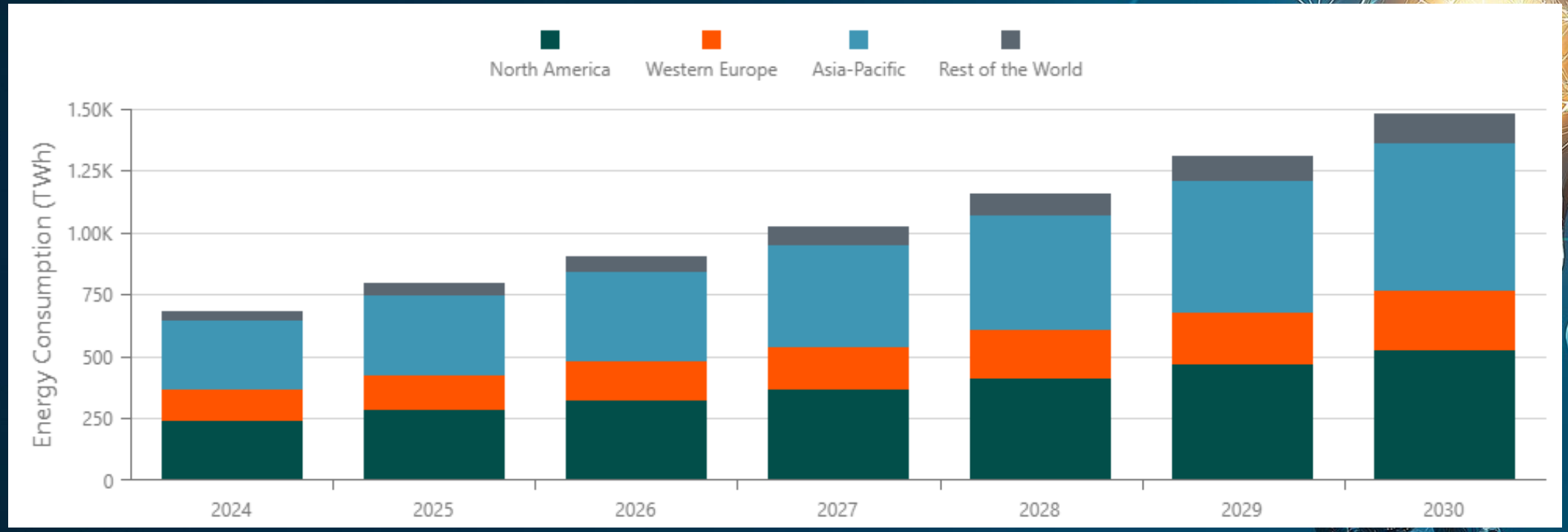
**Барсков Александр**

**ИКС-Медиа**

**«Важнейшая, фундаментальная задача – обеспечить постоянное, равномерное и надёжное снабжение дата-центров значительным объёмом энергии»**

Президент России
В. В. Путин

# Энергопотребление ЦОДов

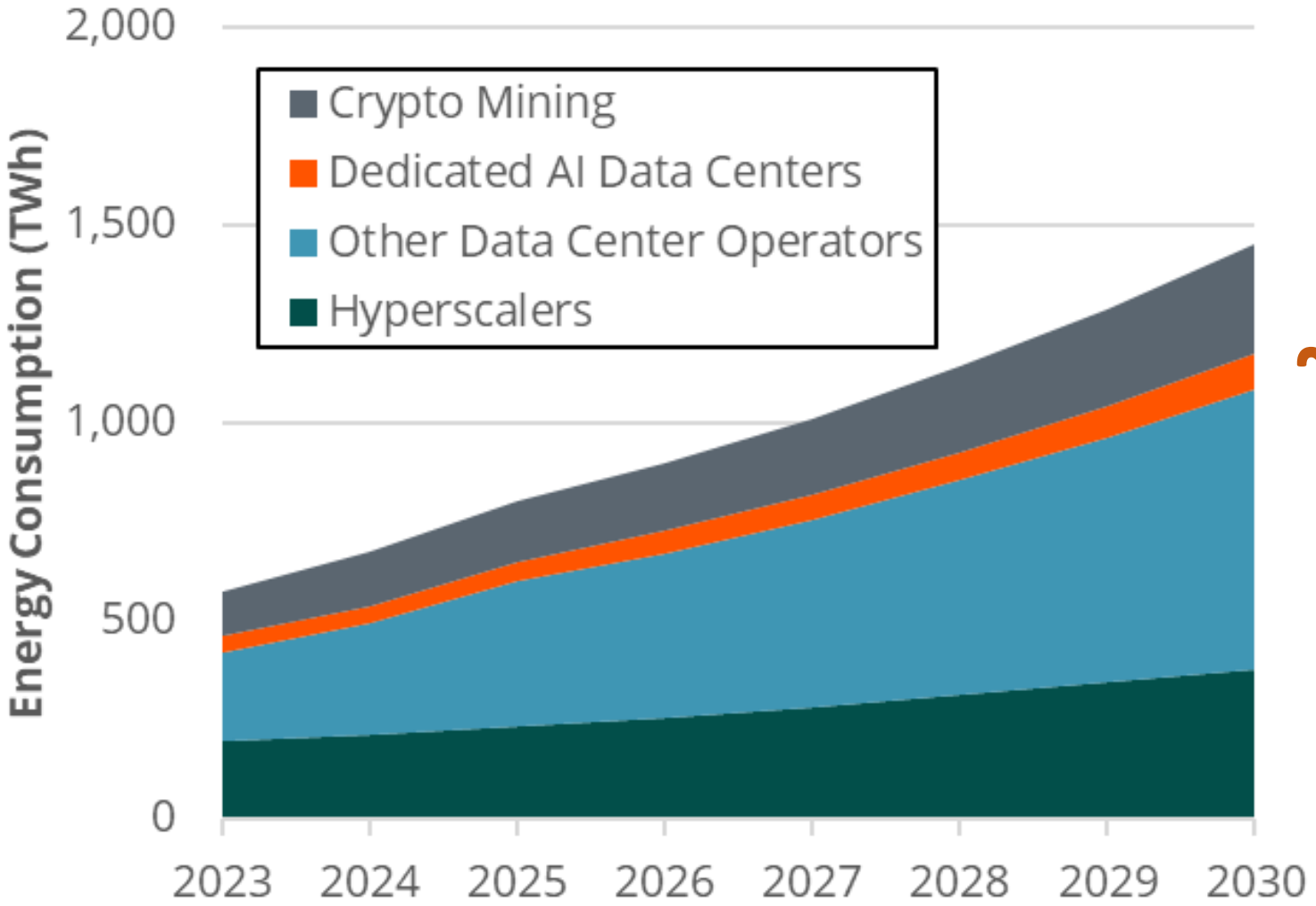



*Источник: ABI Research*

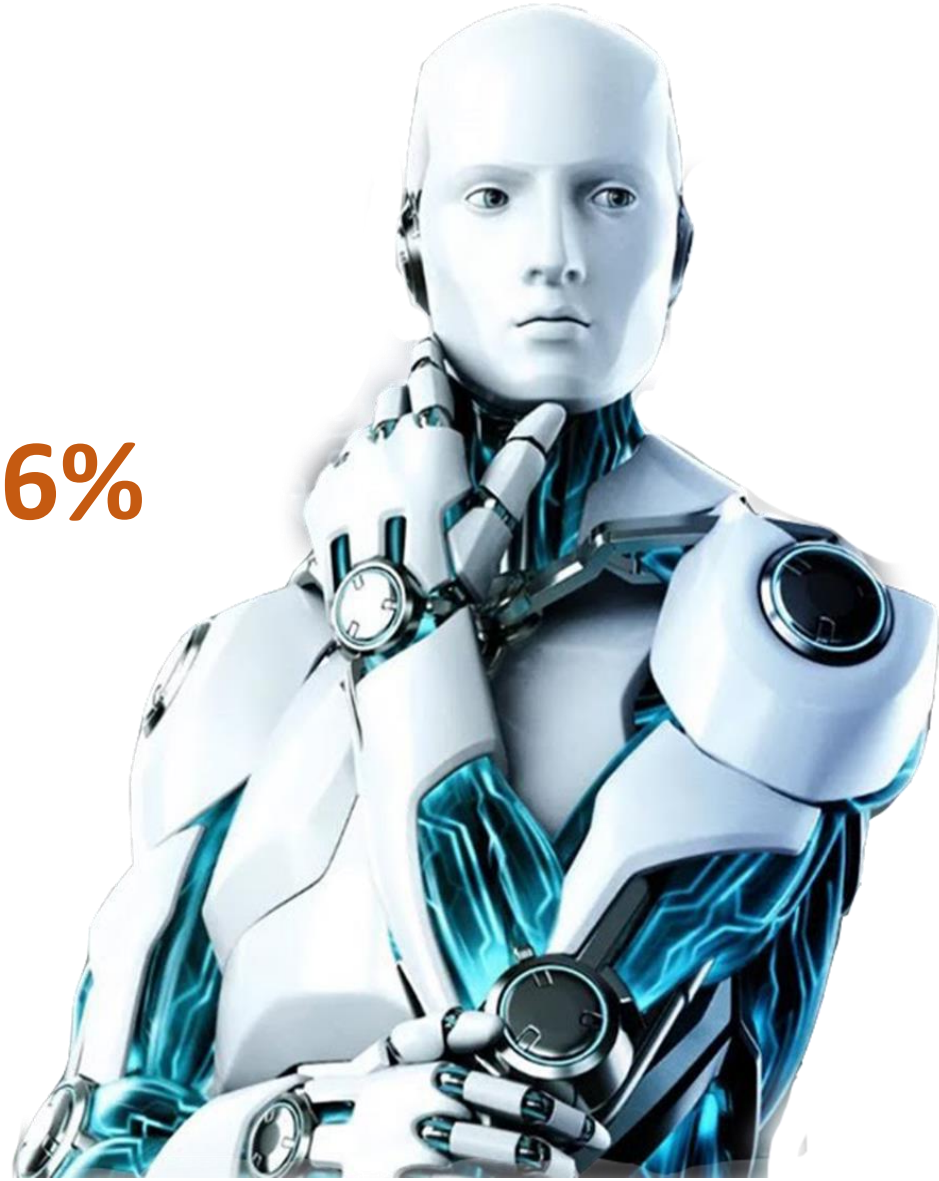
**Мировое энергопотребление: 24 398 ТВтч (2022 г.)**

*Источник: МЭА*

# Сколько приходится на ИИ-ЦОДы




~6%



*Источник: ABI Research*

# Дефицит нарастает

Сегодня ЦОДы используют 2-3% всей генерируемой ээ

К 2030 г. этот показатель может вырасти до 10%

**15%** рост потребления электроэнергии ЦОДами

*Источник: МЭА*

**4%** рост генерации электроэнергии

*Источник: МЭА*

# Где брать энергию (2)

**Атомная энергетика –**
**с прицелом на малые**
**модульные реакторы (ММР)**

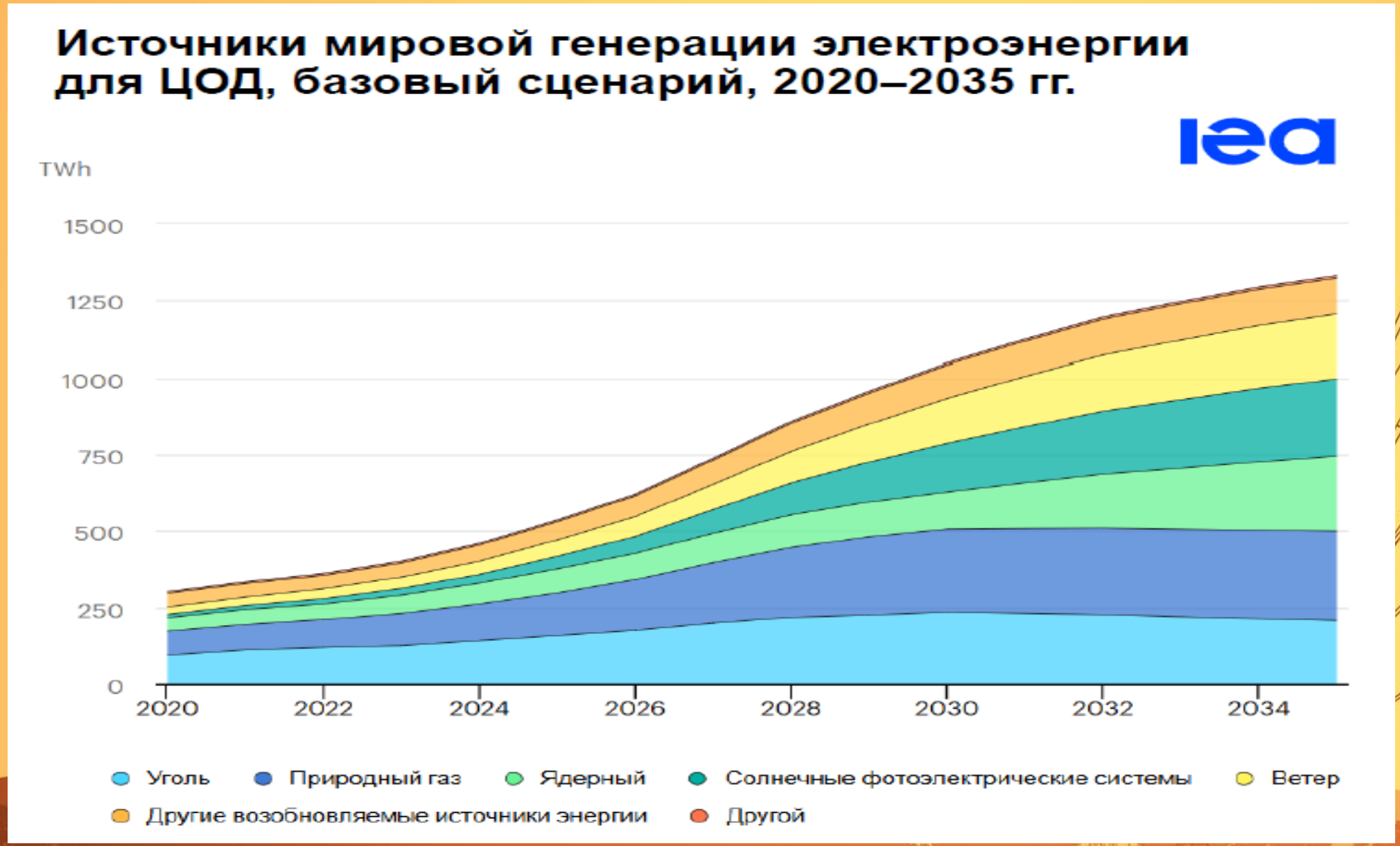
**Газовая генерация –**
**с дальнейшим переходом**
**на ММР**

**Использование солнечной**
**и ветровой генерации**
**(где и когда это возможно)**

## BYOP - Bring Your Own Power

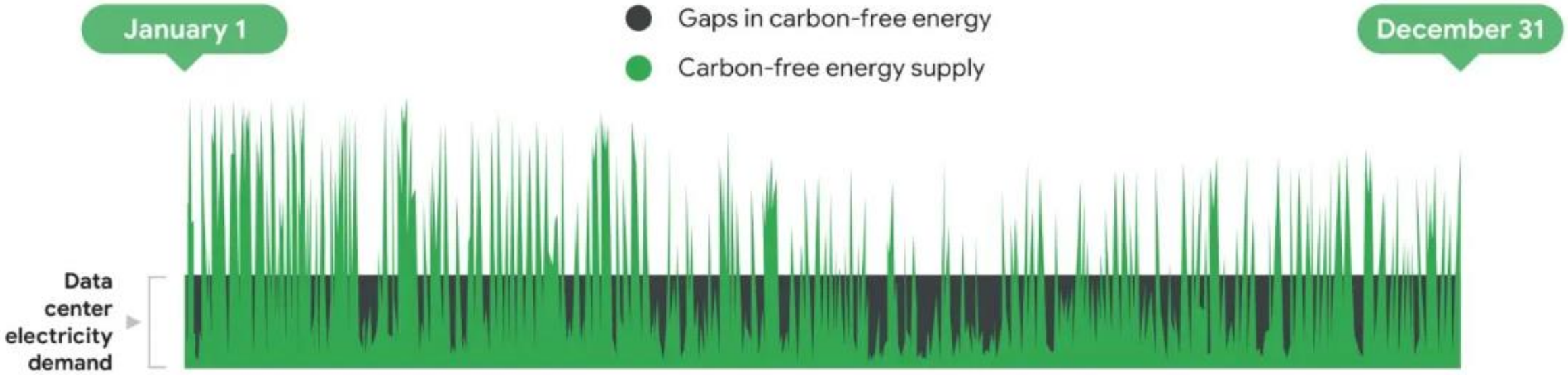
**Крупные мировые проекты (250 МВт+) рассматривают сочетание энергии от разных источников. Но пока газ -- наиболее доступный и надежный вариант**

# Где брать энергию



# ВИЭ: солнечные батареи и ветрогенераторы

Выдаваемая мощность непостоянна и зависит от погодных условий и времени суток




Source: Google.

# ВИЭ: это большие площади

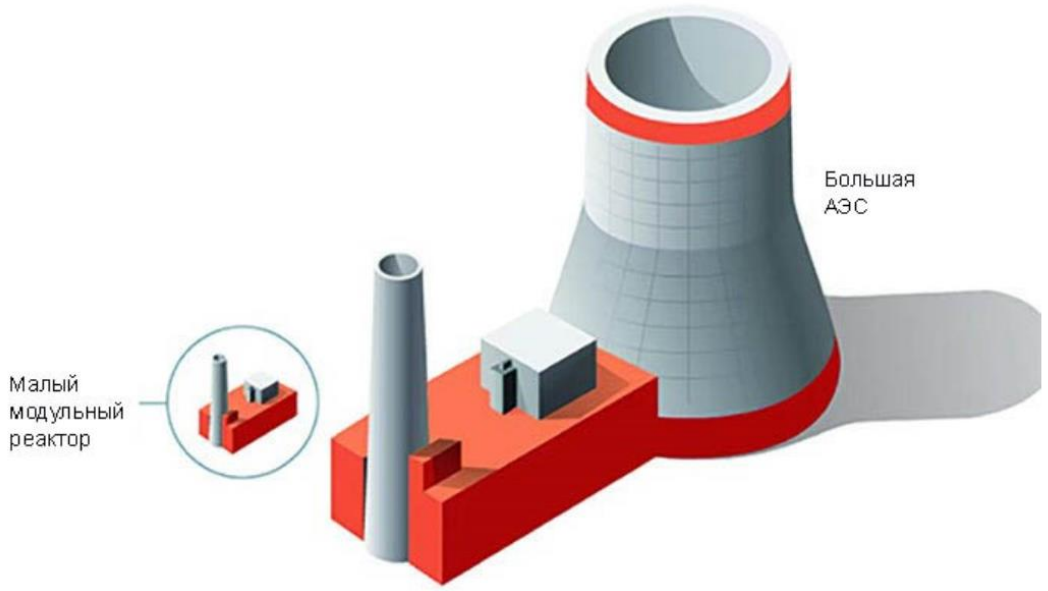
## Для получения 1 МВт:

**Солнечные панели**
примерно **10 тыс. кв. м**

**Ветряные турбины**
примерно **3,5 тыс. кв. м**

**Дизель-генератор**
примерно **20 кв. м**

# ММР: рынок будущего




Большие АЭС -- обычно 1000 МВт+

Малые модульные реакторы – от 30 до 350 МВт.

Микро-реакторы -- до 30 МВт (по некоторым классификаторам – до 10 МВт).

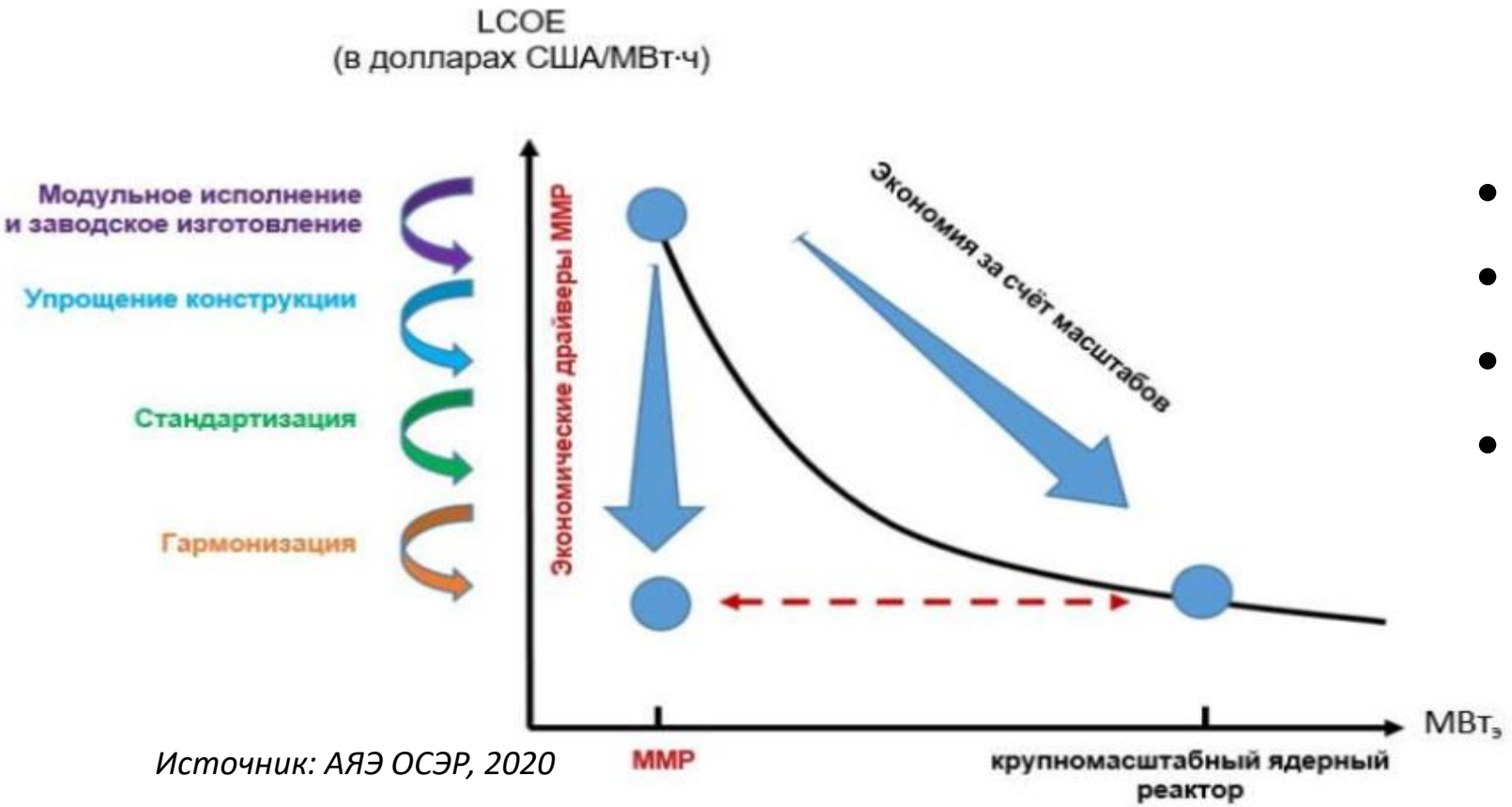
*В 2024 г. в мире в режиме промышленной эксплуатации только две установки ММР:*

- *Россия - два ММР по 35 МВт на плавучей атомной ТЭЦ «Академик Ломоносов»*
- *Китай - энергоблок Shidao bay-1, эл. мощность 211 МВт, тепловая 500 МВт.*

*Есть также экспериментальные установки в разных странах. Но основная часть ММР-проектов находится в лучшем случае на стадии лицензирования (запуск этих решений должен произойти в ближайшие пару лет).*

# Что такое ММР

ММР -- усовершенствованный реактор, системы и компоненты которого изготавливаются в заводских условиях в виде модулей для повышения транспортабельности, сокращения сроков строительства и стоимости.




*Источник: АЯЭ ОСЭР, 2020*

- Дефицит топлива
- Утилизация отходов
- Цена энергии
- Регулирование и лицензирование

# ММР для ЦОД

**Equinix** заключила договор с Oklo, заплатив $25 млн за право получить до 500 МВт от ММР, производимых Oklo

**Switch** подписал 20-летнее соглашение с Oklo о поставке 12 ГВт. В Oklo рассчитывают начать поставки ээ к концу десятилетия по цене около $100 за 1 МВт·ч.

*Источник: Kairos Power*
*ММР Hermes (Kairos Power)*

**Google** заключила договор со стартапом Kairos Power на строительство нескольких ММР общей мощностью 500 МВт. В рамках соглашения Kairos Power должен построить первый коммерческий реактор к 2030 г., остальные — к 2035 г.

# ММР для ЦОД

**Oracle** проектирует ЦОД на 1 ГВт, для энергоснабжения которого будут использованы три ММР.

**Amazon** анонсировала три новых энергетических проекта, предполагающие постройку нескольких ММР.

Соглашение с Energy Northwest, консорциумом энергетических предприятий шт. Вашингтон, предусматривает построение четыре ММР. На первом этапе реакторы будут генерировать суммарно около 320 МВт, а после запуска в полную силу -- 960 МВт.

Ключевым партнером в этом проекте, с которым AWS подписала отдельное соглашение, станет компания X-energy – разработчик ММР.

Источник: Amazon
Модель ММР, разрабатываемого X-energy

# Газовая генерация – уже настоящее ЦОДов

| Проект | Детали |
|---|---|
| **Prometheus Hyperscale (США)** | ЦОДы на 2,7 ГВт. Сначала – ГГ, в будущем -- ММР Oklo. |
| **Balico (США)** | Для ЦОДов строится станция ГГ на 3,5 ГВт |
| **Crusoe, кампус ИИ-ЦОДов (США)** | ЦОД на 1,8 ГВт (до 10 ГВт). Курс на интеграцию различных ИЭ – в будущем к ГГ добавят ВИЭ |
| **Fermi America, кампус HyperGrid (США)** | Для ЦОДов строится станция ГГ на 6 ГВт. В будущем – переход на ММР |
| **Argaman Group, Frank Cube, (Германия)** | ЦОД на 200 МВт. ГГ до момента запуска ветряной электростанции |
| **Oracle, Oracle Cloud Infrastructure** | Энергетическая платформа Qpac на 2,3 ГВт на базе ГГ |

**Для многих западных строителей ЦОДов ГГ -- «мостик», который позволит перейти на ММР в будущем**

# Газовая генерация – а что в РФ

Ряд крупных коммерческих ЦОДов используют (использовали) системы газовой генерации. Сейчас -- всплеск интереса ЦОДов к этой технологии

В октябре 2025 г. «Якутская топливно-энергетическая компания» объявила, что приостанавливает реализацию проекта «Якутский СПГ» и сосредотачивается на новых направлениях монетизации газа, связанных с обеспечением энергией энергоемких проектов, таких как ЦОДы и майнинговые фермы.

«Газпром» рассматривает варианты использования низконапорного газа для генерации электроэнергии для ЦОДов и майнинга криптовалют

# Газовая генерация – что волнует ЦОДы

**Экономическая целесообразность.** Как быстро окупится проект по ГГ?

**Топологическая избыточность.** Как сертифицировать на соответствие требованиям Uptime Institute или российской модели классификации АНО КС ЦОД?

**Профиль нагрузки**. Как обеспечить эффективную работу в условиях резко переменной нагрузки (наиболее актуально для ЦОДов с фрикулингом)?

**Санкционные риски**. Насколько технические решения независимы от западных вендоров?

# Газовая генерация – что волнует ЦОДы (2)

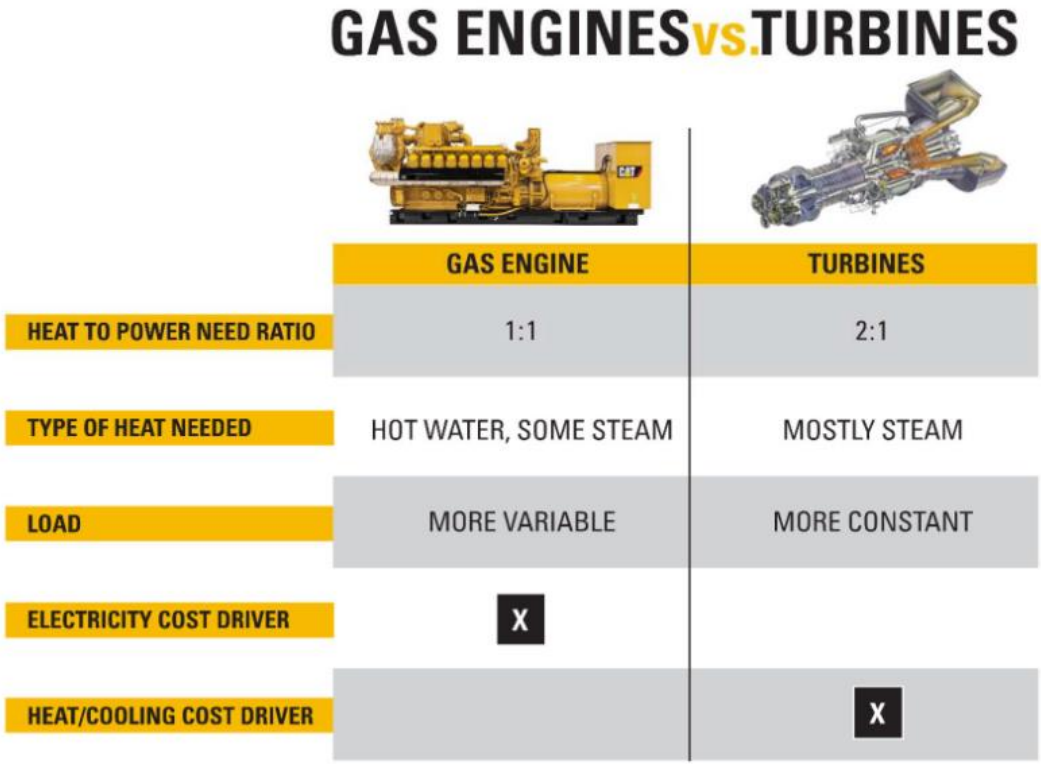
**Поршни или турбины?**

**Качество газа?**

**Островной или смешанный (параллельно с подключением к электросети) вариант?**

**Что делать с отработанным теплом – когенерация, тригенерация?**

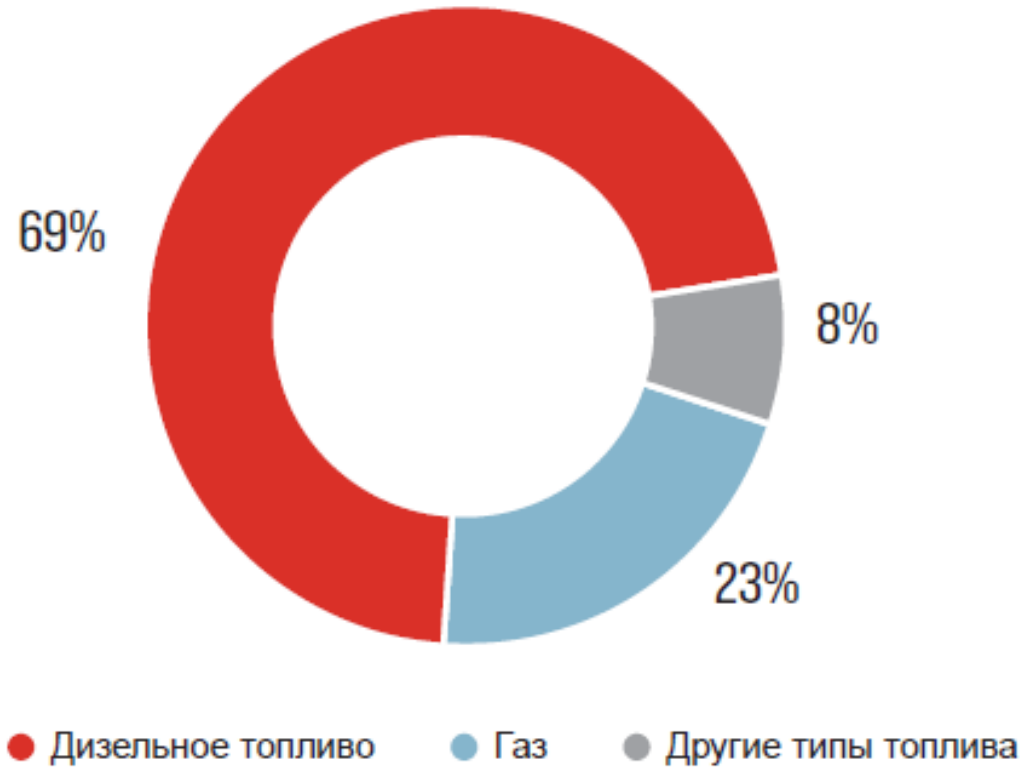
**Как обеспечить резервирование электропитания?**




*Источник: Caterpillar*

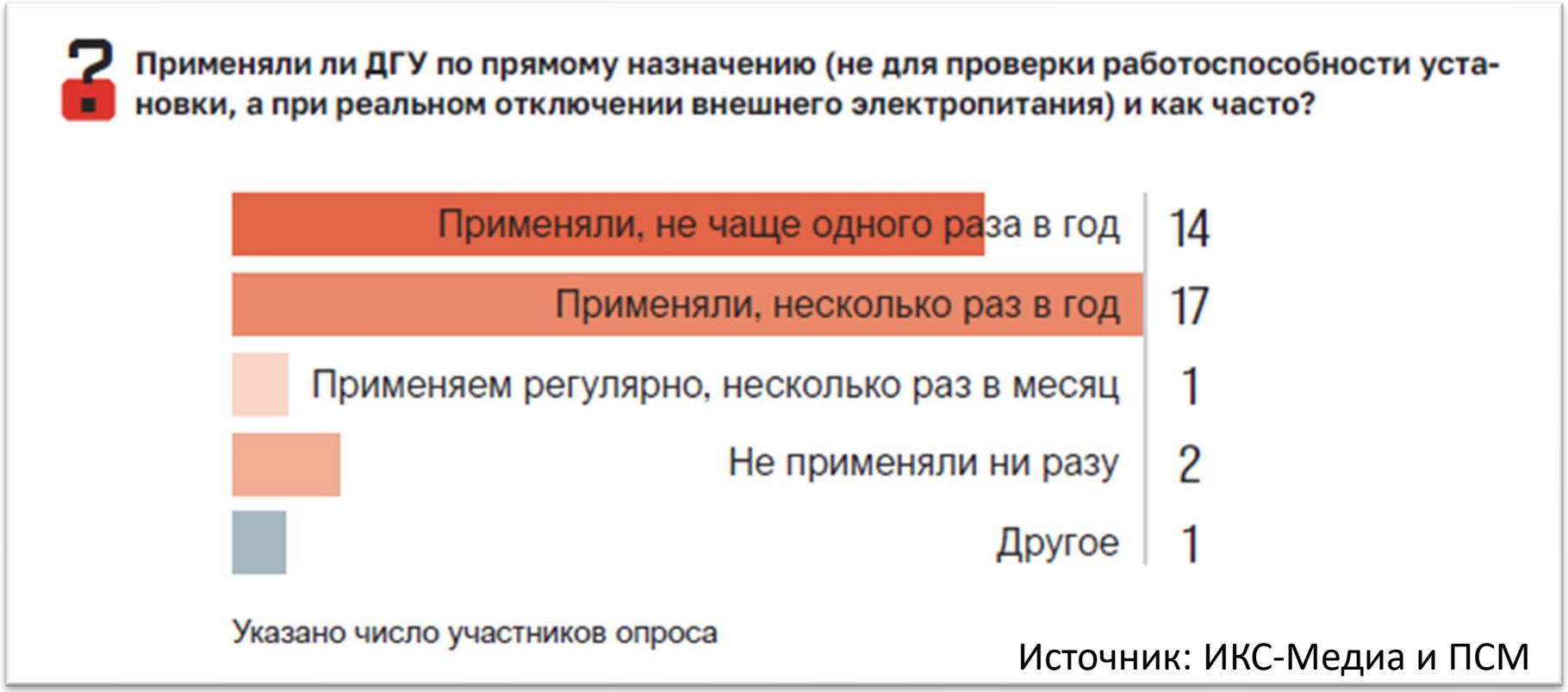
# Топливо для генератора

Доли различных типов (по топливу) устройств на мировом рынке генераторных установок для ЦОДов в 2024 г.




Источник: Mordor Intelligence

# Что будет с ДГУ?




Источник: ИКС-Медиа и ПСМ

**Сегодня никакая другая технология не сочетает в себе так эффективно низкие эксплуатационные расходы, высокую плотность энергии, надежность, преимущества локального управления и практически неограниченной подачи электричества – пока поставляется топливо**

# Тренды в области накопителей

Какие типы накопителей энергии используются в вашей системе бесперебойного питания (возможен выбор нескольких вариантов ответа)?

Указаны проценты от общего числа респондентов

Какие типы накопителей энергии вы планируете использовать в будущем в вашей системе бесперебойного питания (возможен выбор нескольких вариантов ответа)?

Указаны проценты от общего числа респондентов

Источник: ИКС-МЕДИА и «Парус электро»

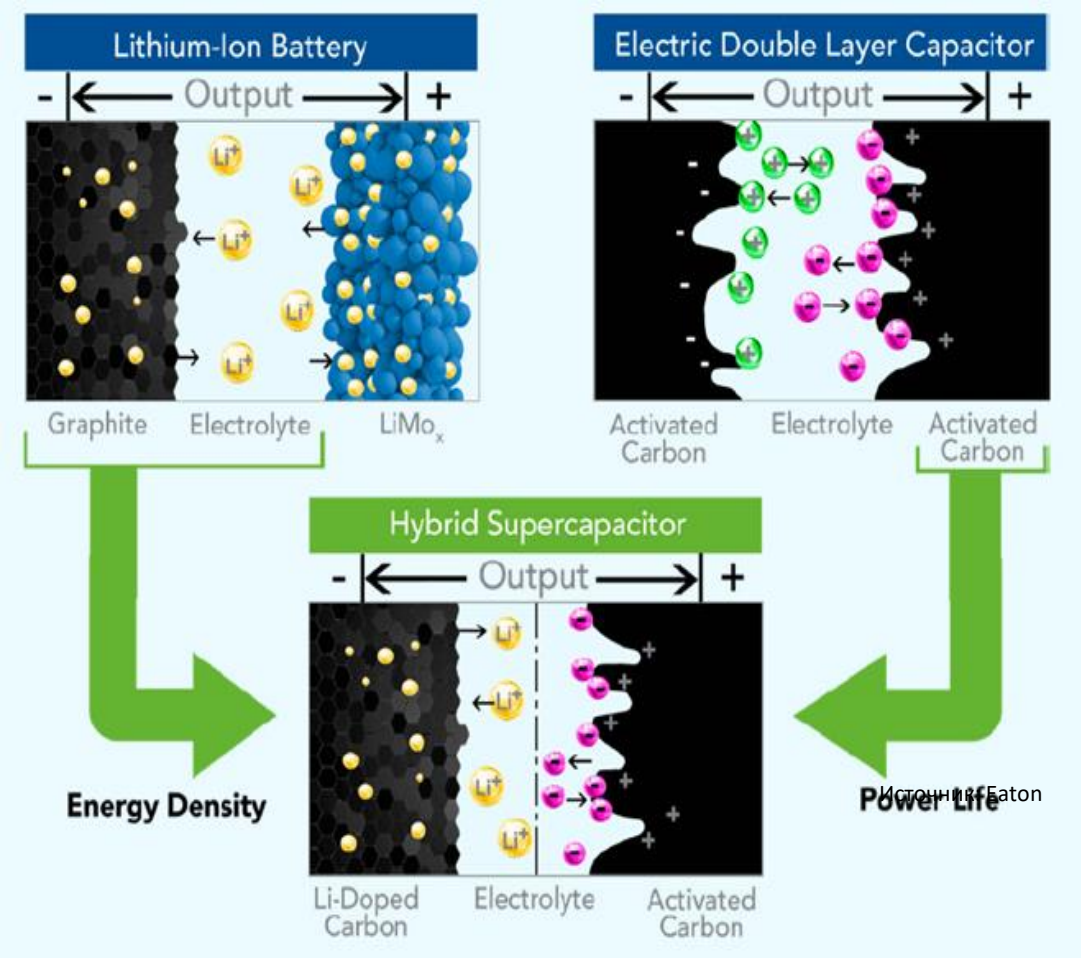
# Технологии накопления

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Свинцово-кислотные АКБ** | **Литиевые АКБ** | **Натриевые АКБ** | **Суперконденсаторы** | **Flywheel (Маховики)** | **Ванадиевые-Redox батареи** |
| **Стоимость** | Низкая | Высокая | Средняя | Высокая | Очень высокая | Средняя/Высокая |
| **Срок службы (циклы/годы)** | 500–1500 циклов (3–5 лет) | 2000–6000 циклов (5–15 лет) | 3000–5000 циклов (10+ лет) | 100,000+ циклов (15–20 лет) | 20,000+ циклов (10–20 лет) | 10,000+ циклов (15–20 лет) |
| **КПД** | 70–85% | 90–95% | 80–90% | 85–98% | 85–95% | 70–85% |
| **Энергетическая плотность** | Низкая (30–50 Вт·ч/кг) | Высокая (100–265 Вт·ч/кг) | Средняя (75–160 Вт·ч/кг) | Очень низкая (1–10 Вт·ч/кг) | Низкая (5–50 Вт·ч/кг) | Низкая (15–30 Вт·ч/кг) |
| **Мощностная плотность** | Низкая | Высокая | Средняя | Очень высокая | Экстремально высокая | Низкая |
| **Безопасность** | Низкая (риск утечки кислоты) | Средняя | Средне-низкая | Высокая | Высокая (механические риски) | Высокая (нетоксичные жидкости) |
| **Экологичность** | Низкая (токсичный свинец, но можно переработать) | Средне-низкая (добыча лития и отсутствие переработки) | Высокая (натрий доступен) | Высокая | Высокая | Высокая (перерабатываемые материалы) |
| **Масштабируемость** | Ограничена | Средняя | Высокая | Ограничена | Ограничена | Очень высокая |
| **Применение** | ИБП, резервное питание | Домашние СЭС, электромобили | Крупные СЭС, сетевые хранилища | Кратковременные пики мощности | Балансировка сетей, ЦОДы | Долгосрочное хранение для ВИЭ |
| **Коммерциализация в ЦОД** | +++ | ++ | … | + | ++ | … |
| **Потенциал для ЦОД** | ++ | ++ | + | + | … | … |

*Источник: Energon*

# Гибридные суперконденсаторы

Работа **АКБ** основана на электрохимических принципах: они хранят энергию в виде химических связей в электрически нейтральных молекулах.




**Суперконденсаторы** используют взаимодействие сил между электрически заряженными частицами, а энергия хранится в виде электрического заряда

**Гибридные суперконденсаторы (HSC) --** источники энергии, которые объединяют химию батареи с физикой суперконденсатора в единую структуру.

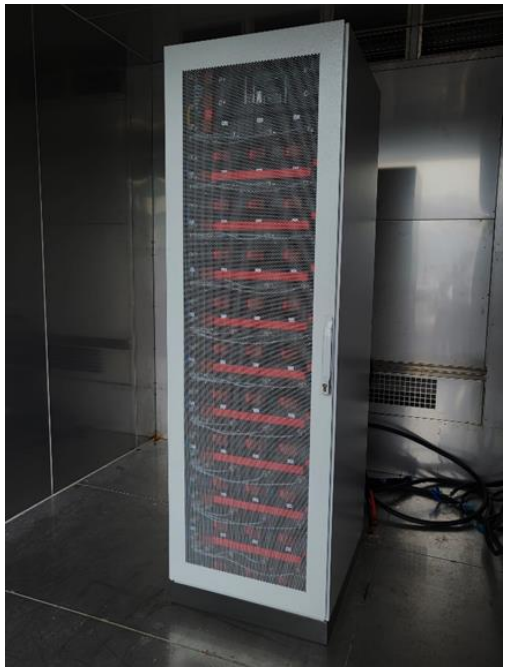
# Гибридные суперконденсаторы

**Снижение ТСО**: могут работать в течение 15 лет -- в 2,5 раза дольше, чем СК АКБ

**Высокая плотность мощности** (быстрая подзарядка) важна для бесперебойной подачи электричества в случае нескольких последовательных отключений

В катоде используется активированный уголь, а не оксид металла, что **исключается риск перегрева**, а значит **и возгорания.**

Способны выдерживать гораздо более высокие температуры (до 65-70°C), чем традиционные АКБ, -- **не нужно охлаждать**.



Тестирования HSC-накопителей компанией Digital Edge

Q&A