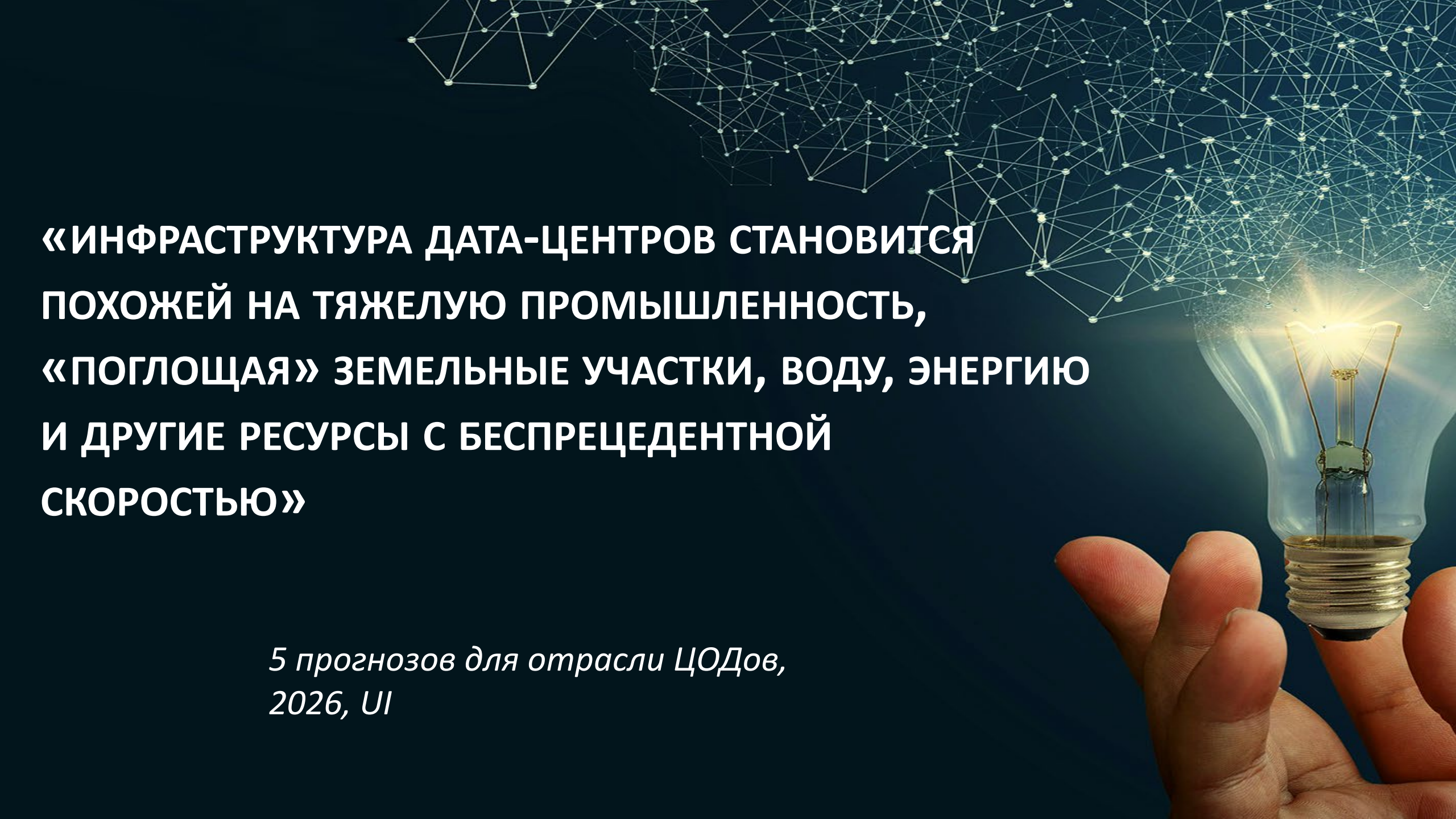




# ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ЦОДОВ ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Барсков Александр,  
директор по контенту, АЦ ИКС  
эксперт, АНО КС ЦОД

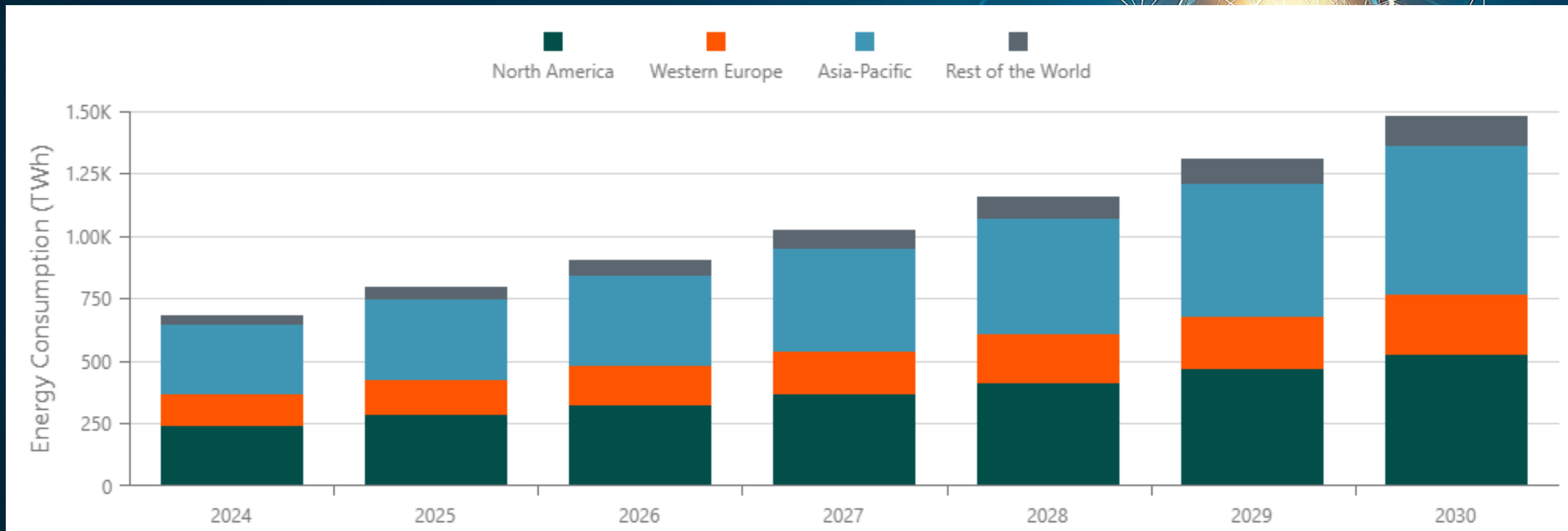


The image features a hand holding a glowing lightbulb on the right side. The background is a dark blue gradient with a complex network graph of white lines and dots, representing data or connectivity. The text is in white, bold, uppercase letters, arranged in five lines on the left side of the image.

**«ИНФРАСТРУКТУРА ДАТА-ЦЕНТРОВ СТАНОВИТСЯ  
ПОХОЖЕЙ НА ТЯЖЕЛУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ,  
«ПОГЛОЩАЯ» ЗЕМЕЛЬНЫЕ УЧАСТКИ, ВОДУ, ЭНЕРГИЮ  
И ДРУГИЕ РЕСУРСЫ С БЕСПРЕЦЕДЕНТНОЙ  
СКОРОСТЬЮ»**

*5 прогнозов для отрасли ЦОДов,  
2026, UI*

# Энергопотребление ЦОДов

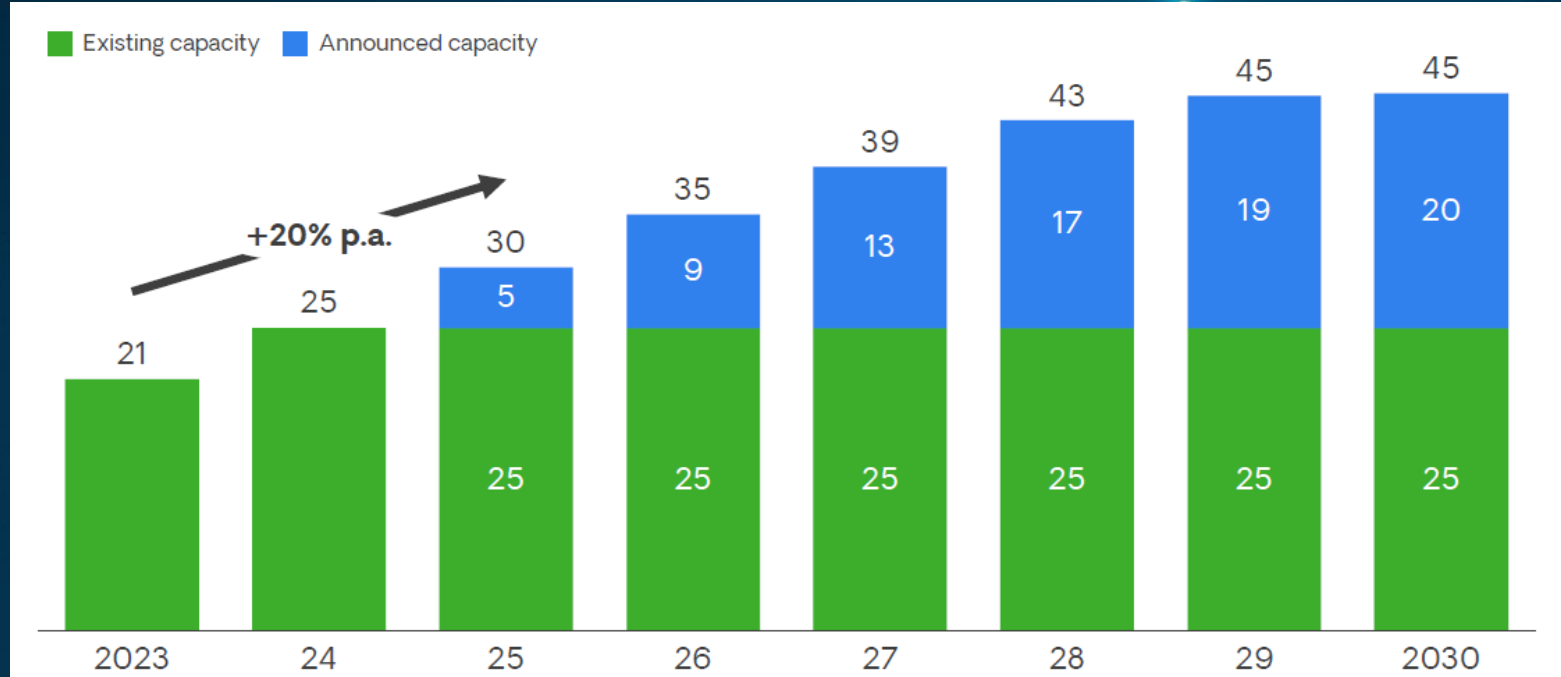


Источник: ABI Research

Мировое энергопотребление: 24 398 ТВтч (2022 г.)

Источник: МЭА

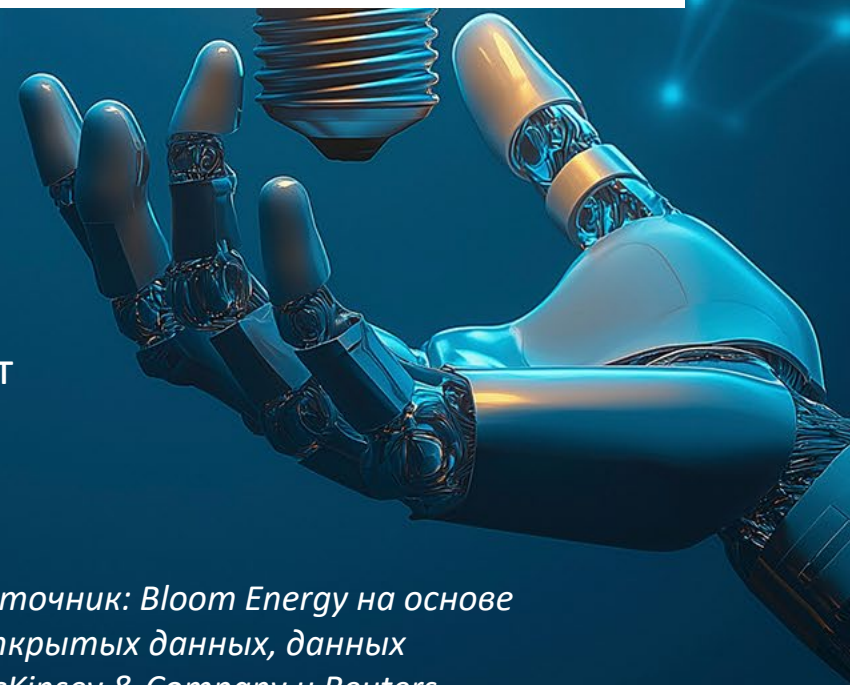
# ЦОДЫ В США



ГВт

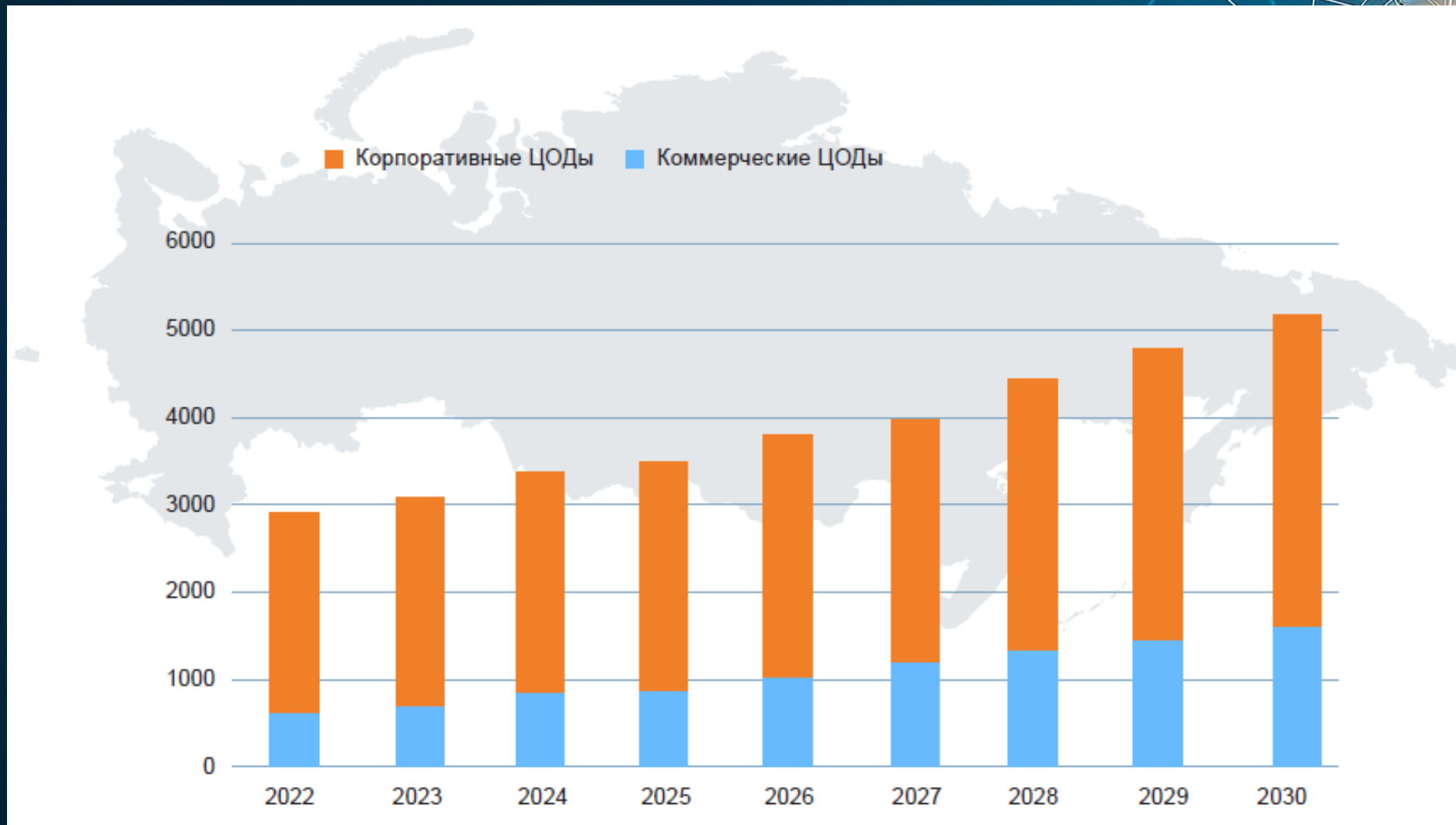


ГВт



Источник: Vloom Energy на основе открытых данных, данных McKinsey & Company и Reuters

# ЦОДы в России

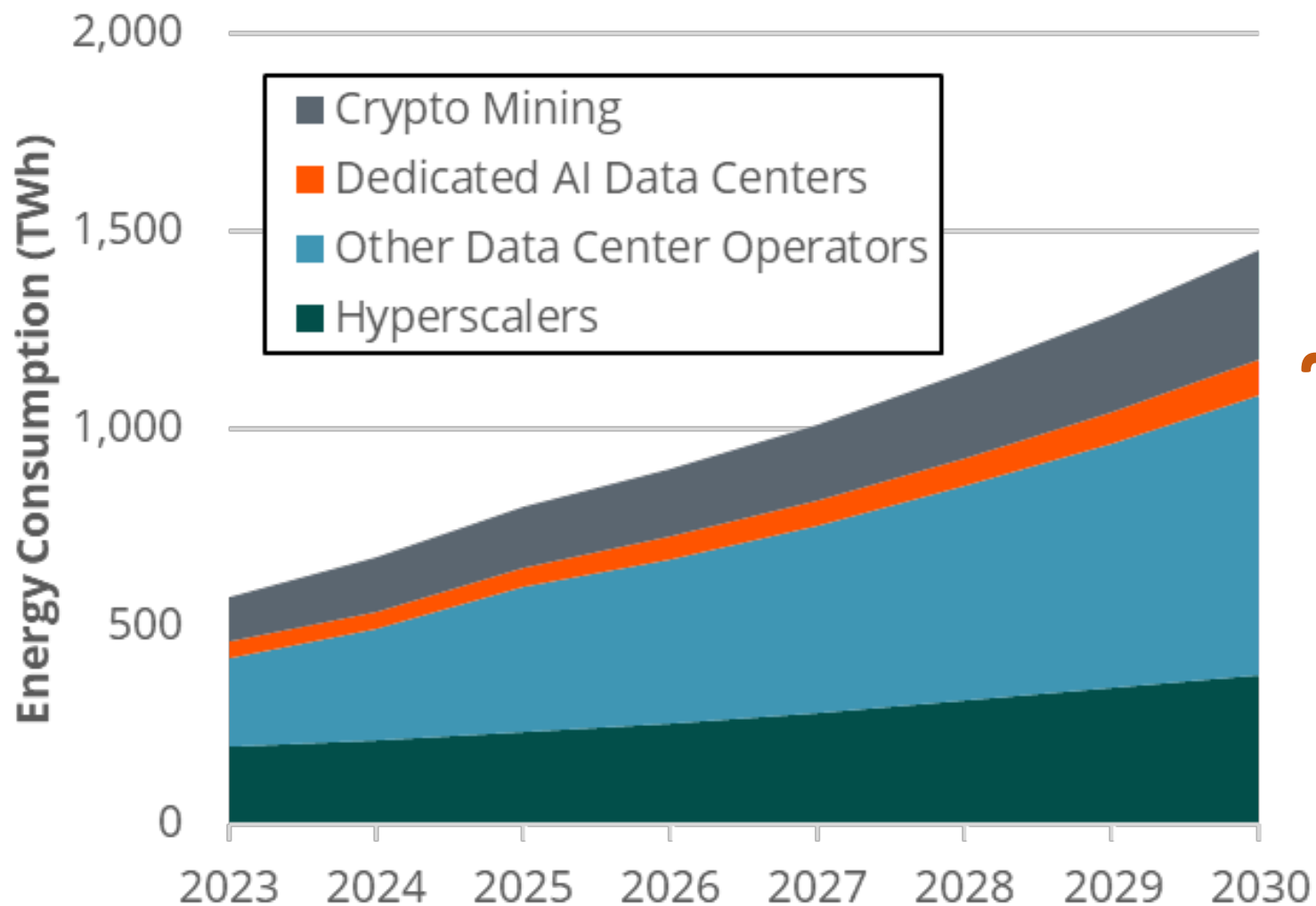


Источник: iKS-Consulting

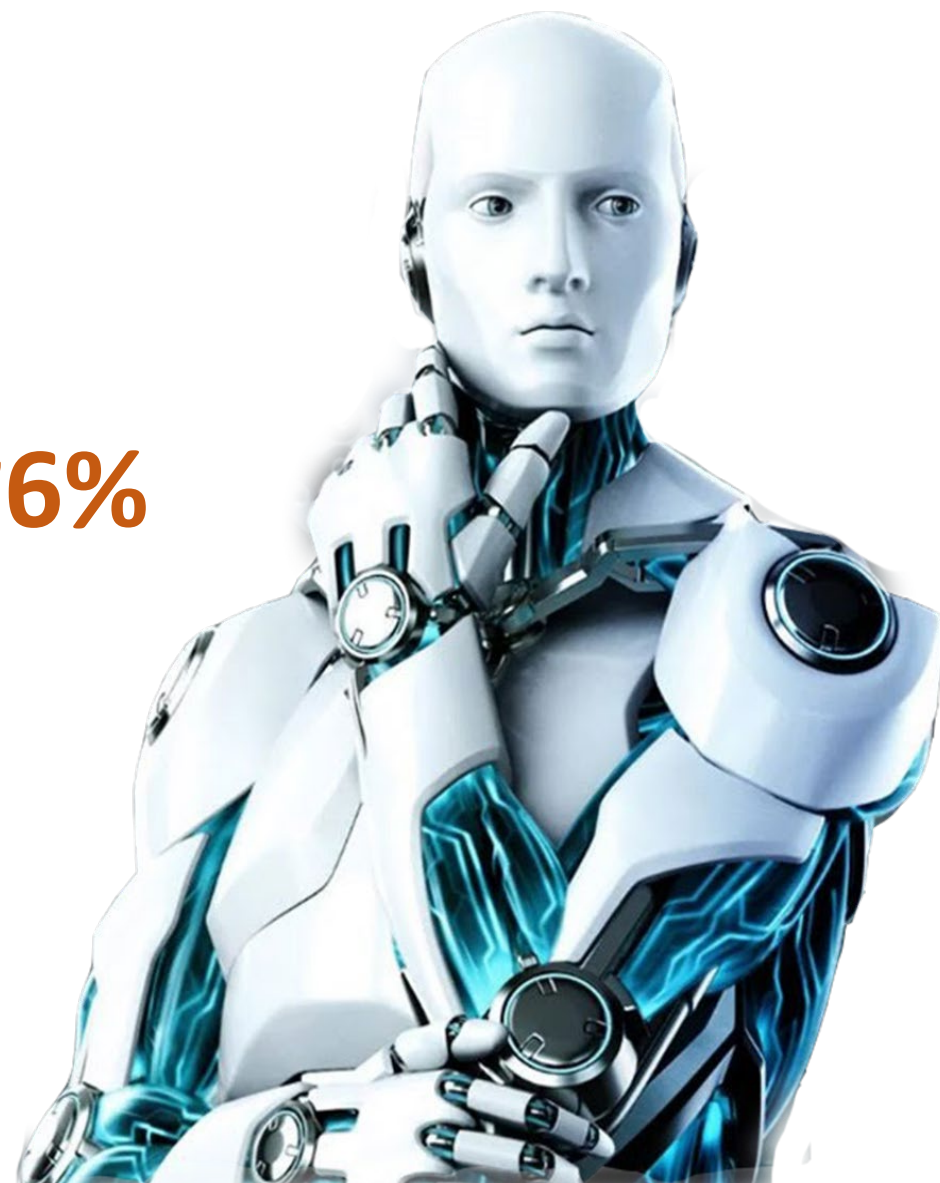
Подведенная электрическая мощность российских ЦОДов, МВт

ГВт

# Сколько придется на ИИ-ЦОДы



~6%



# Дефицит нарастает



**15%** рост потребления  
электроэнергии ЦОДамаи

**4%** рост генерации  
электроэнергии

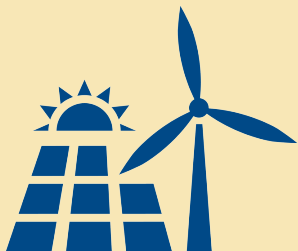
# Где брать энергию



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



Газовая генерация –  
с дальнейшим переходом  
на ММР



Солнечная и ветровая генерация  
(где и когда это возможно)

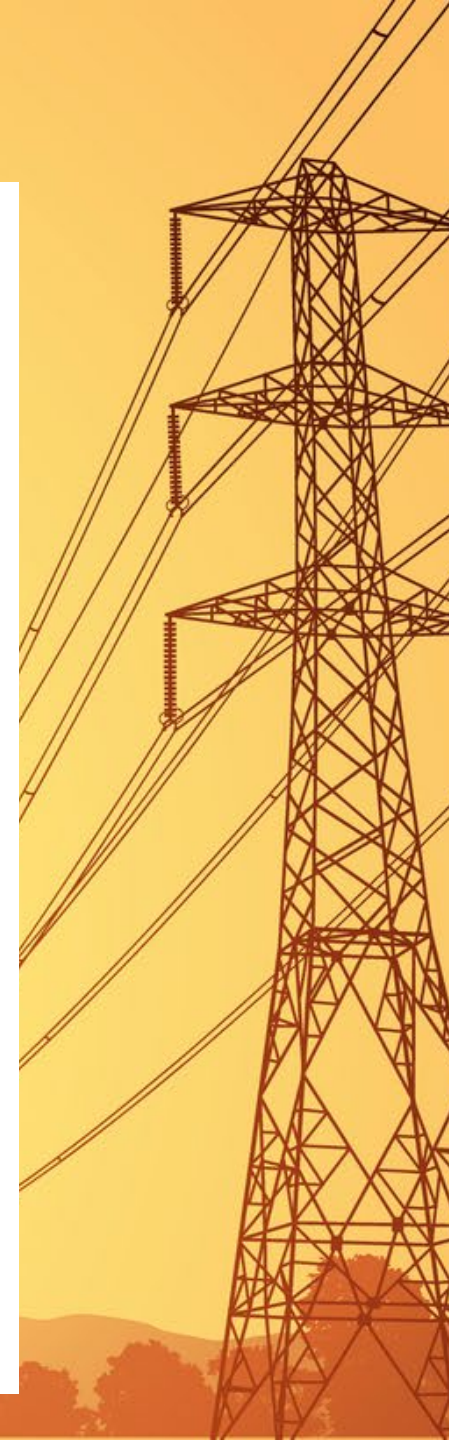
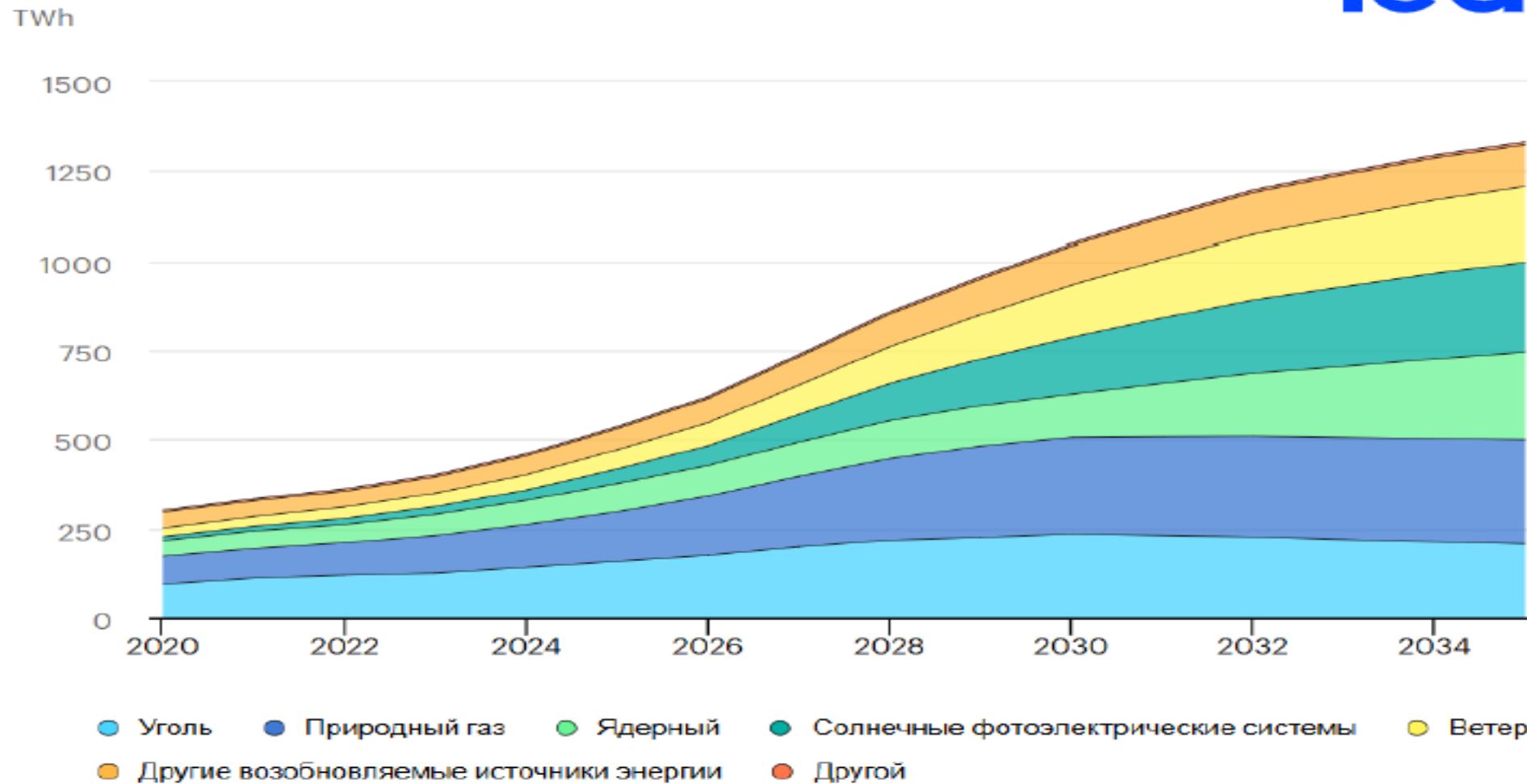
## BYOP - Bring Your Own Power

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

# Где брать энергию

Источники мировой генерации электроэнергии для ЦОД, базовый сценарий, 2020–2035 гг.

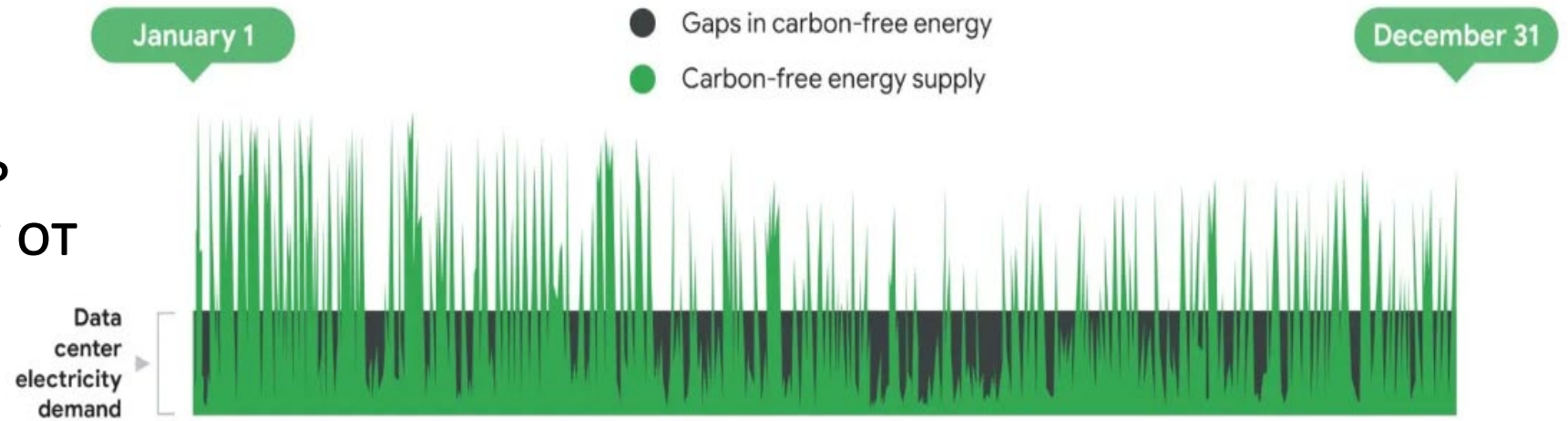
iea





# ВИЭ: солнечные батареи и ветрогенераторы

Выдаваемая мощность непостоянна и зависит от погодных условий и времени суток



*Source: Google.*

- Даже в регионах с высокой солнечной/ветровой активностью не могут быть единственным источником электроснабжения ЦОДов.
- Необходимы дополнительно емкие СНЭ, чтобы покрывать потребление ЦОДа в периоды отсутствия солнечной (ветровой) энергии.
- Могут рассматриваться только как дополнительный источник к электросети или другой системе электроснабжения.



# Солнечные батареи и ветрогенераторы -- это большие площади

## Для получения 1 МВт:

Солнечные панели

примерно **10 тыс. кв. м**

Ветряные турбины

примерно **3,5 тыс. кв. м**

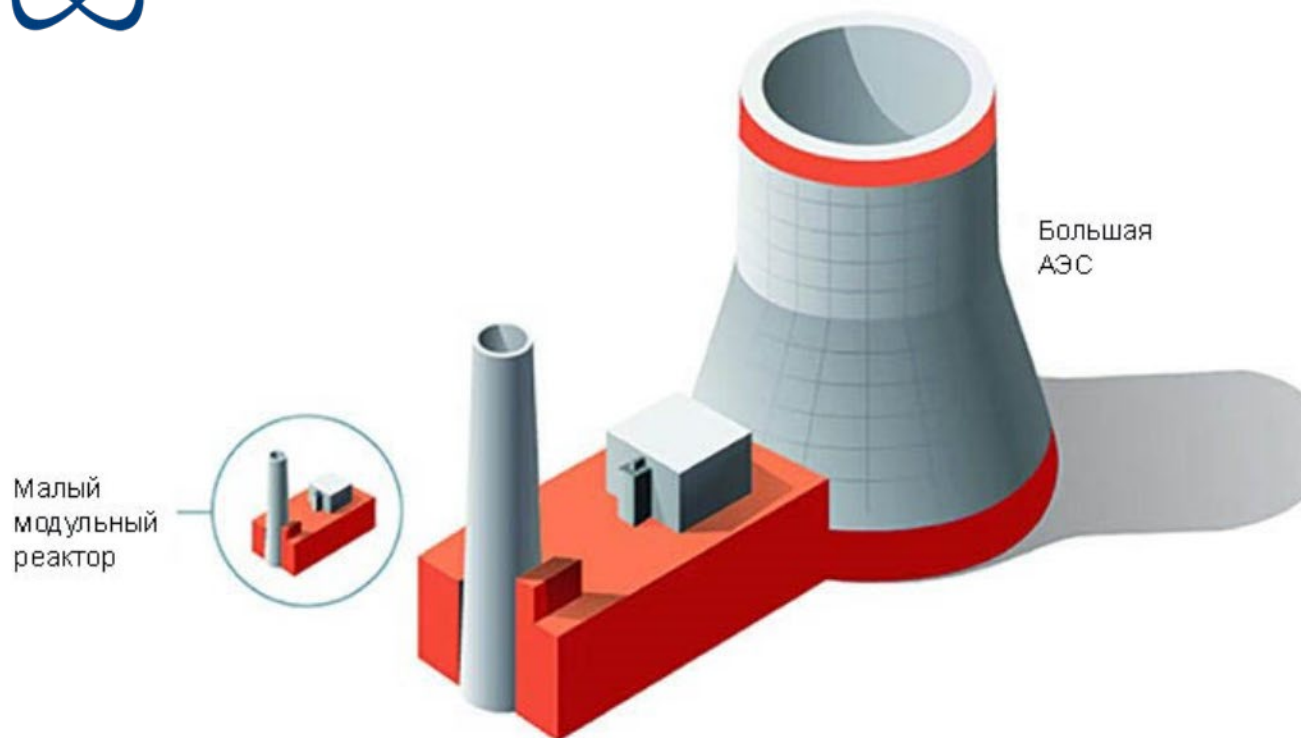
Дизель-генератор

примерно **20 кв. м**





## ММР: рынок будущего



- Большие АЭС -- обычно от 1000 МВт
- Малые модульные реакторы – 30-350 МВт
- Микро-реакторы -- до 30 МВт (до 10 МВт).

*В режиме промышленной эксплуатации только две установки ММР:*

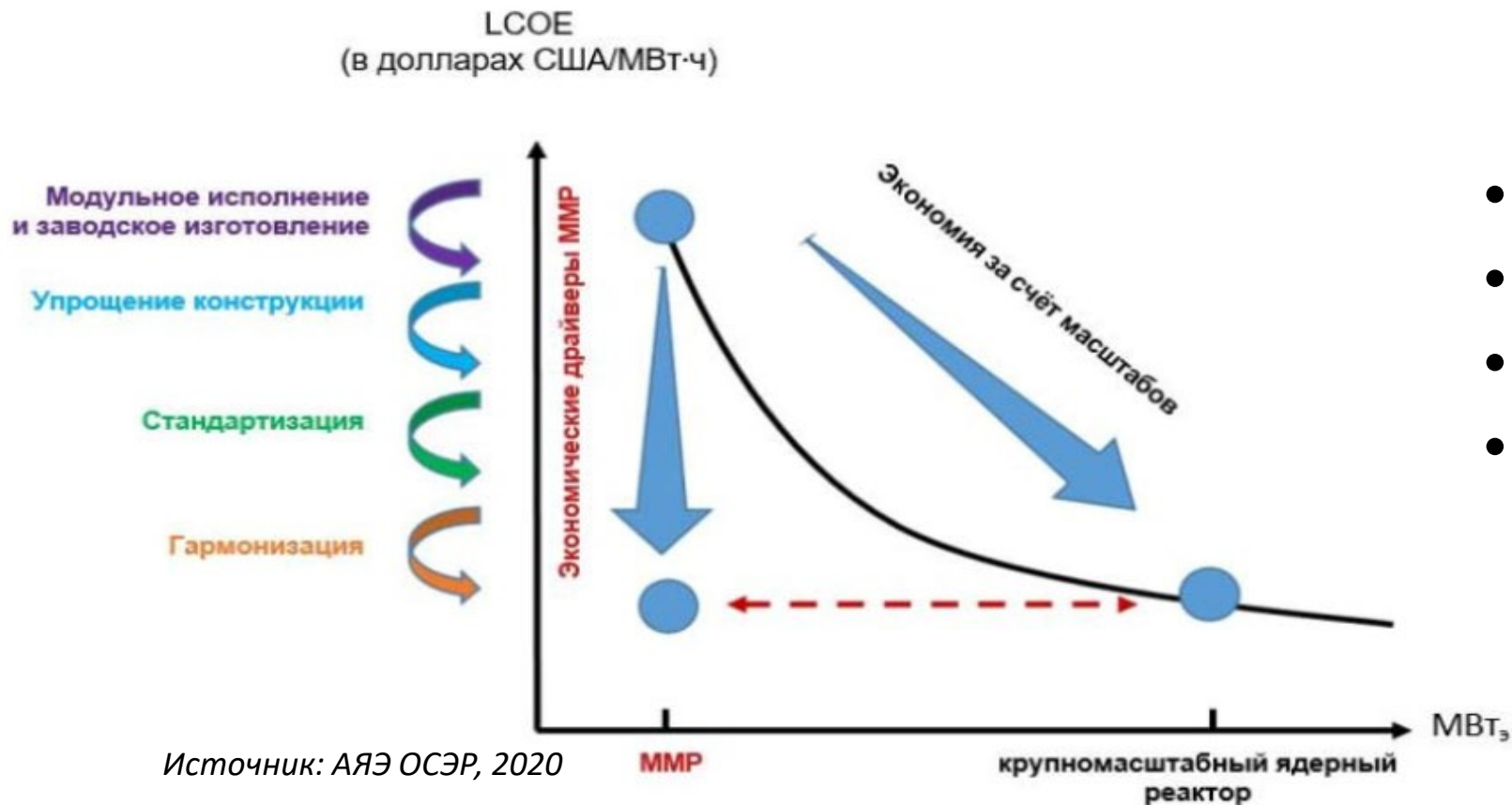
- *Россия - 2 ММР по 35 МВт на плавучей атомной ТЭЦ «Академик Ломоносов»*
- *Китай - энергоблок Shidao bay-1, эл. мощность 211 МВт, тепловая 500 МВт.*

*Основная часть ММР-проектов -- на стадии экспериментов.*



# Что такое ММР

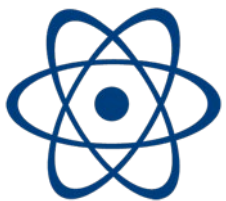
ММР -- усовершенствованный реактор, системы и компоненты которого изготавливаются в заводских условиях в виде модулей для удобства доставки, сокращения сроков строительства и стоимости.



Источник: АЯЭ ОСЭР, 2020



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



## ММР для ЦОД

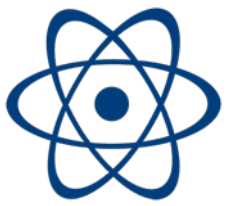
**Equinix** заключила договор с Oklo, заплатив \$25 млн за право получить до 500 МВт от ММР, производимых Oklo

**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.

**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.



Источник: Kairos Power  
ММР Hermes (Kairos Power)



## 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 Qrac на 2,3 ГВт на базе ГГ

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



## Газовая генерация – что волнует ЦОДы

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

**Топологическая избыточность.** Как сертифицировать на соответствие требованиям Uptime Institute?

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

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

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





# Технология. Поршни или турбины?

Характеристика	ГПУ	ГТУ
Цена	Средняя	Выше, чем у ГПУ в 1,5–2 раза
Электрический КПД	39–44%	23–33%*
Работа при малых нагрузках	Не рекомендуются длительные нагрузки менее 25%	Могут работать при нагрузке от 3–5%, но с существенным увеличением расхода топлива
Адаптация к переменной нагрузке	Лучше	Хуже
Отношение генерируемой ээ к тепловой	1:1	1:2
Сложность эксплуатации	Средняя	Высокая – требуется более квалифицированный персонал
Ремонтопригодность	Ремонт может выполняться на объекте	Для ремонта необходимо вывозить оборудование на завод-изготовитель
Топливо	Различные виды газообразного топлива: природный, синтетический, биогаз и пр.	Любое горючее, которое можно диспергировать: как жидкое (бензин, авиационный керосин, дизтопливо и т.д.), так и газообразное (практически любые виды)
Общая рекомендация	Экономичное и эффективное решение для мощностей до 50 кВт (имеются проекты на 100 МВт+)	Целесообразно рассматривать для объектов от 50–70 МВт, желательно с системой утилизации тепла

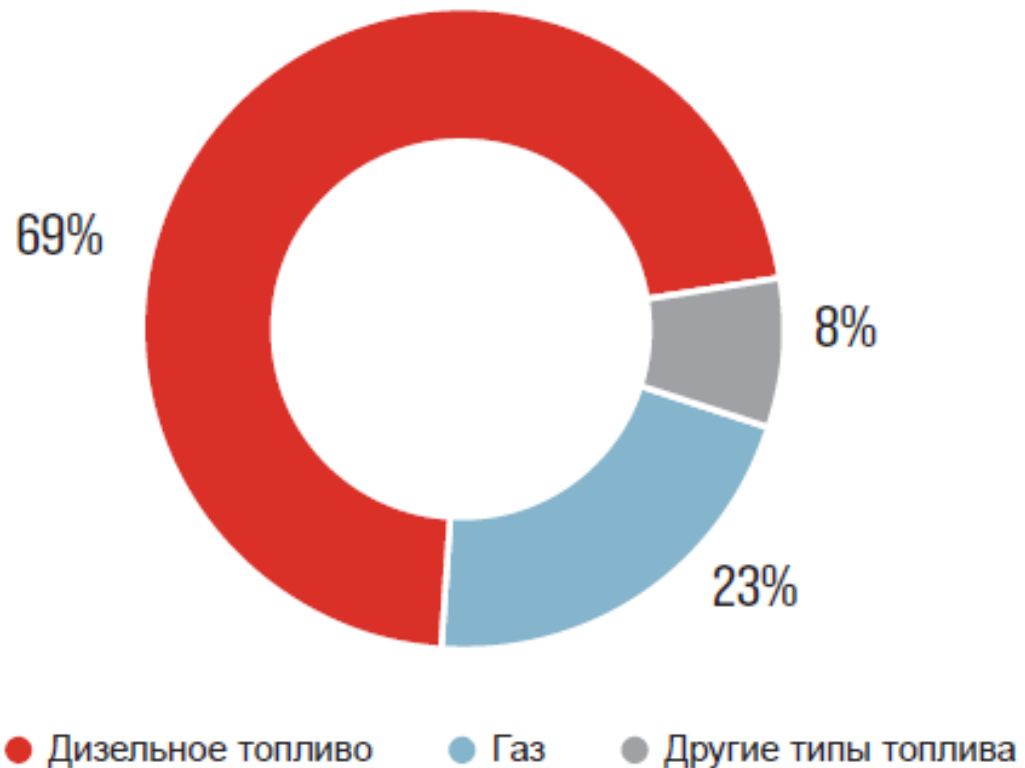


Источник: АЦ  
ИКС и «ДВС  
ресурс»



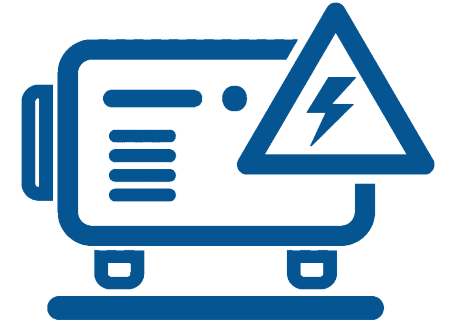
Доли различных типов (по топливу) устройств на мировом рынке генераторных установок для ЦОДов в 2024 г.

## Газ и дизель: конкуренты или попутчики?

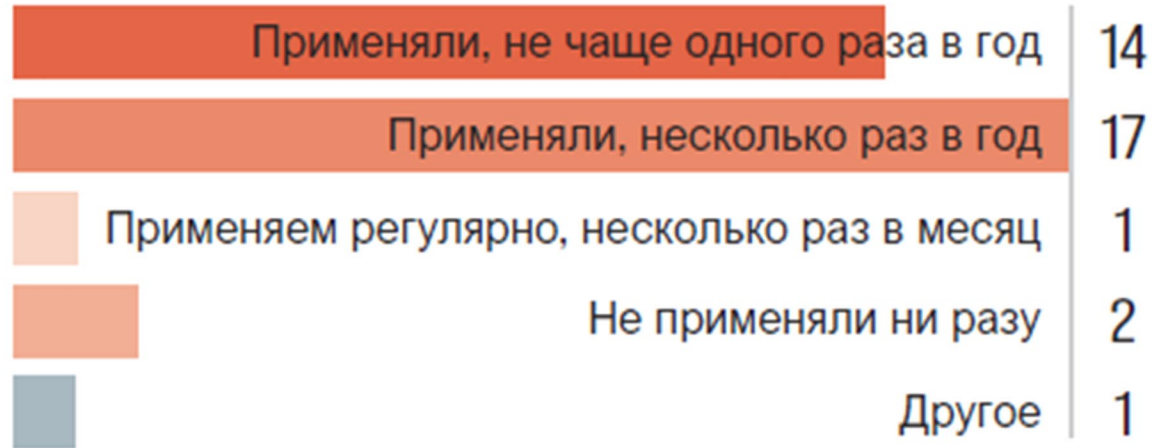


Источник: Mordor Intelligence

# Что будет с ДГУ?



**?** Применяли ли ДГУ по прямому назначению (не для проверки работоспособности установки, а при реальном отключении внешнего электропитания) и как часто?



Указано число участников опроса

Источник: АЦ ИКС и ПСМ



**ДГУ на сегодня практически безальтернативный вариант для обеспечения резервного электроснабжения ЦОДа.**

# Сравнение различных систем генерации ээ

Система (технология)	Усредненная стоимость ээ (\$/МВт·ч)	КПД, %	Типовой сценарий применения
Ветрогенераторы на земле	23-86	35-45	Непостоянное
Солнечные батареи	28-78	20-30	Непостоянное
Геотермальная	37-102	85-95	24/7
Газовая электростанция комбинированного цикла	48-130	85-90	24/7
Газовая электростанция комбинированного цикла с системой улавливания и хранения CO <sub>2</sub>	65-170	85-90	24/7
Ветрогенераторы в море	70-157	40-55	Непостоянное (высокая производительность)
Газовая электростанция (без паровой части)	115-251	10-20	24/7 (или пиковая нагрузка - быстрый отклик)
Передовые система атомной энергетики	141-221	90-95	24/7

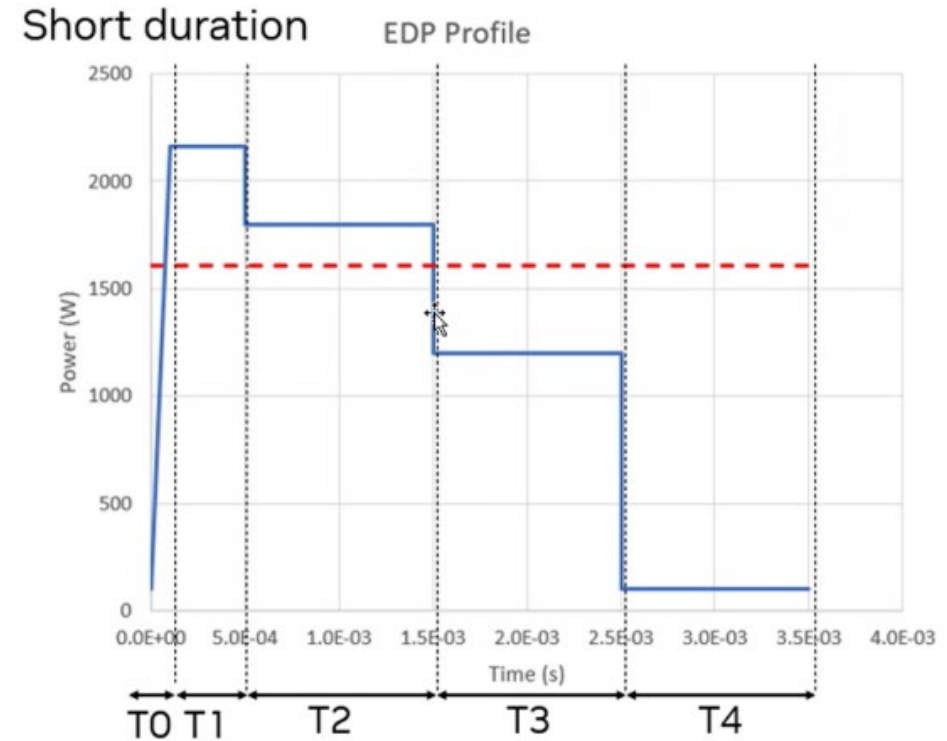
Источник: UI

# ИБП и СНЭ. Особенности высокопроизводительных GPU-кластеров

Синхронная работа ИИ-систем (тысячи GPU выполняют интенсивные вычисления практически одновременно) создаёт резкие колебания нагрузки — от «холостого хода» до 100 % загрузки за миллисекунды.

## Переход на гибридную (многоуровневую) СНЭ:

- накопители кратковременного действия (конденсаторы и суперконденсаторы) -- сглаживают высокочастотные скачки напряжения;
- АКБ длительного действия – сглаживание более медленных изменений мощности + автономия при кратковременных отключениях внешней электросети.



Характеристики работы GPU (Источник: Delta Electronics)

# Тренды в области СНЭ

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

# Технологии СНЭ

	Свинцово-кислотные АКБ	Литиевые АКБ	Натриевые АКБ	Супер-конденсаторы	Маховики	Ванадиевые проточные батареи (VFB)
<b>Стоимость</b>	Низкая	Средняя/ высокая	Средняя	Очень высокая	Очень высокая	Средняя/ высокая
<b>Срок службы, циклы/годы</b>	500-1500 циклов (3-7 лет)	2000-6000 циклов (10-15 лет)	3000-5000 циклов (8-15 лет)	100 000+ циклов (15-20 лет)	20 000+ циклов (15-20 лет)	10 000+ циклов (15-20 лет)
<b>КПД</b>	70-85%	90-95%	80-90%	95-98%	85-95%	70-85%
<b>Плотность энергии</b>	Низкая (30-50 Вт·ч/кг)	Высокая (150-250 Вт·ч/кг)	Средняя (100-160 Вт·ч/кг)	Очень низкая (5-15 Вт·ч/кг)	Низкая (5-50 Вт·ч/кг)	Низкая (15-30 Вт·ч/кг)
<b>Плотность мощности</b>	Средняя	Высокая	Средняя/высокая	Очень высокая	Очень высокая	Средняя
<b>Безопасность</b>	Средняя	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя (мех. риски)	Высокая
<b>Применение</b>	ИБП, резервное питание	ИБП, СНЭ, электромобили	ИБП, СНЭ	Сглаживание скачков мощности	Балансировка сетей, ЦОДы	СНЭ, микросети
<b>Использование в ЦОД</b>	*****	***		*	*****	
<b>Потенциал для ЦОД</b>	***	*****	**	*****	***	*****

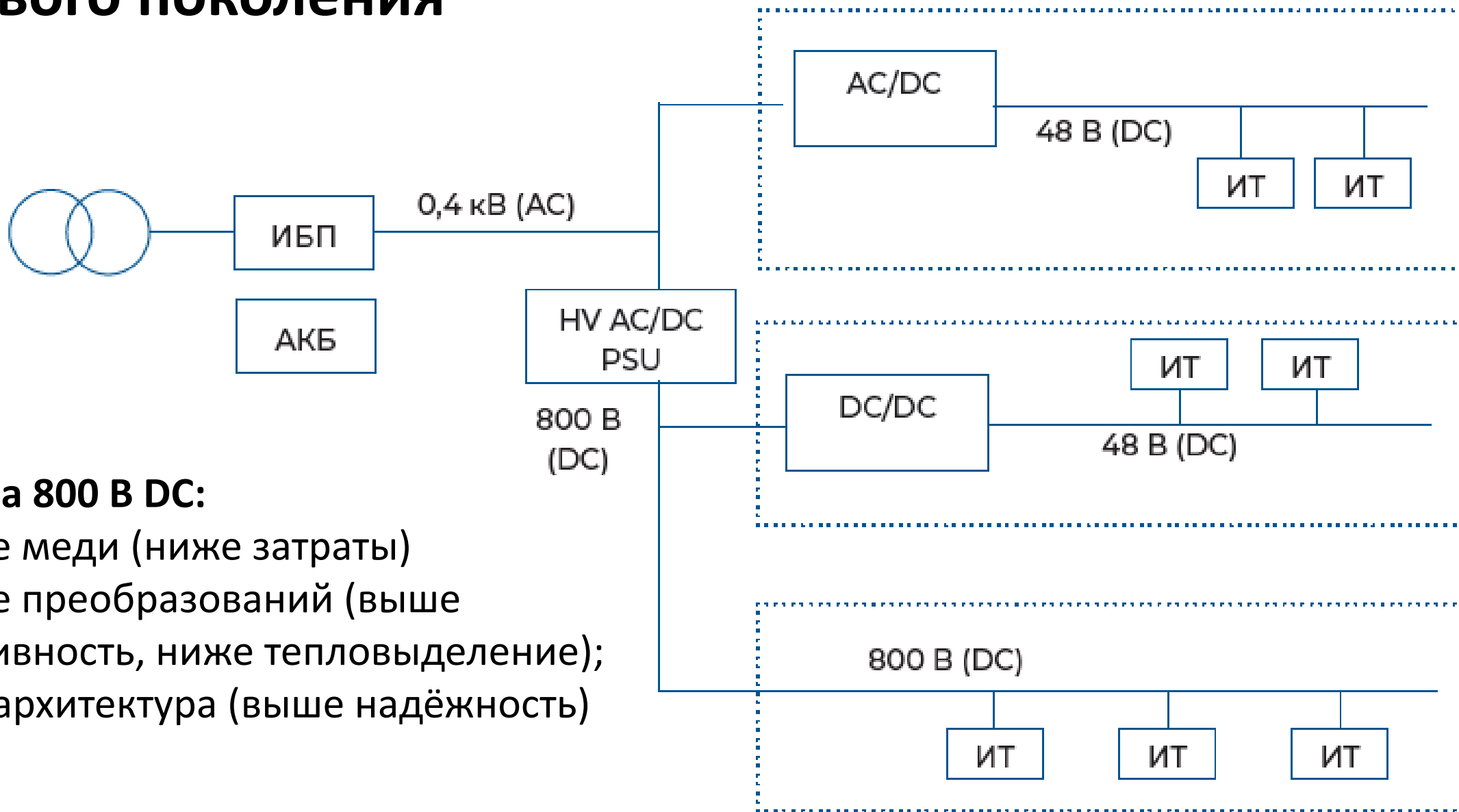
\*приведены усредненные значения + экспертная оценка АЦ ИКС

# СРЭ. Особенности высокопроизводительных GPU-кластеров



- Силовые (выпрямительные) блоки занимают все больше места
- Увеличение размера шин (кабелей); огромный ток вызывает высокие резистивные потери
- Многократное преобразование AC-DC снижает энергоэффективность и увеличивает число потенциальных точек отказа.

# СРЭ нового поколения



## Переход на 800 В DC:

- Меньше меди (ниже затраты)
- Меньше преобразований (выше эффективность, ниже тепловыделение);
- Проще архитектура (выше надёжность)



Q&A

