

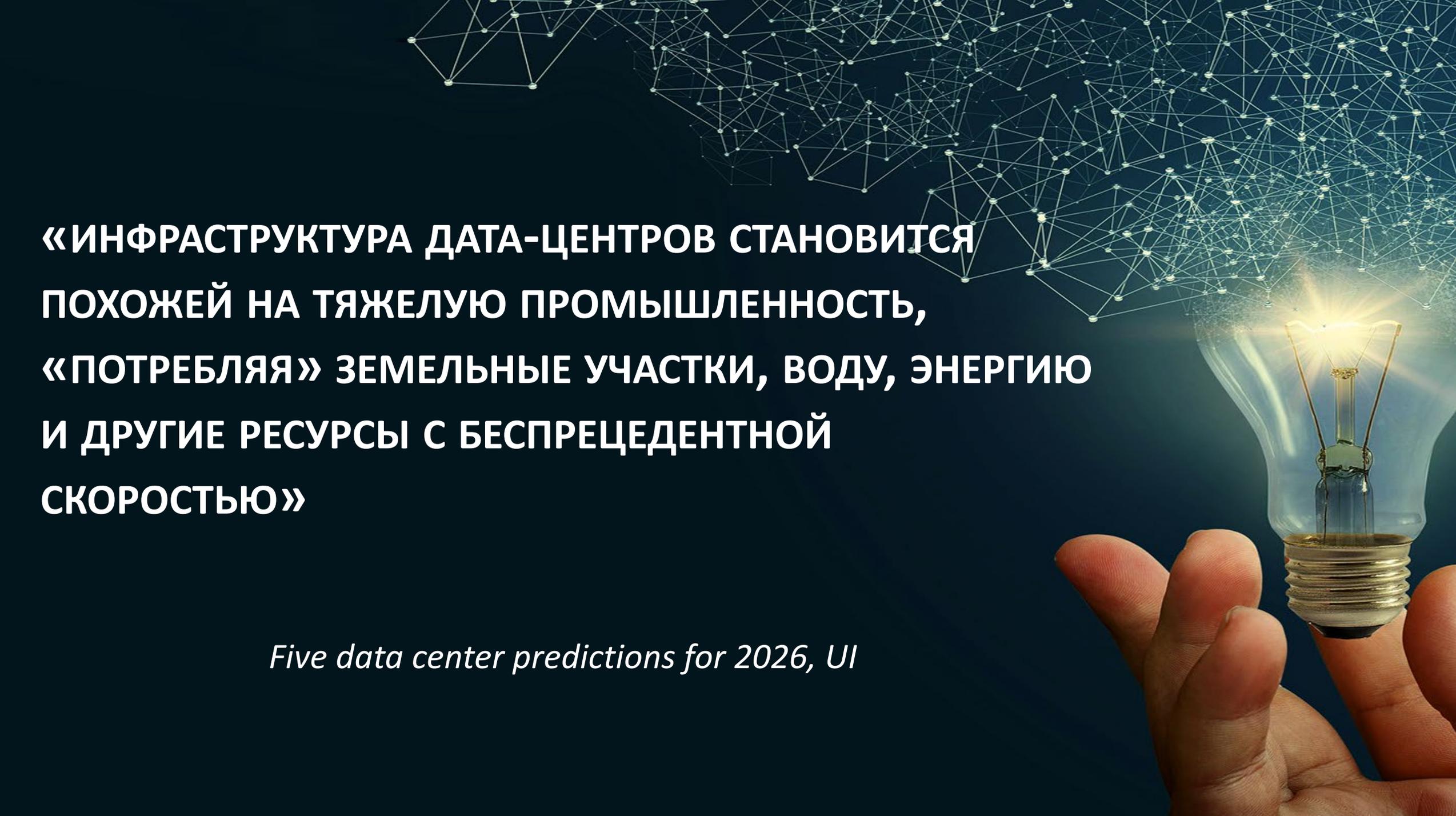


ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ЦОДОВ

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Барсков Александр
Аналитический Центр ИКС

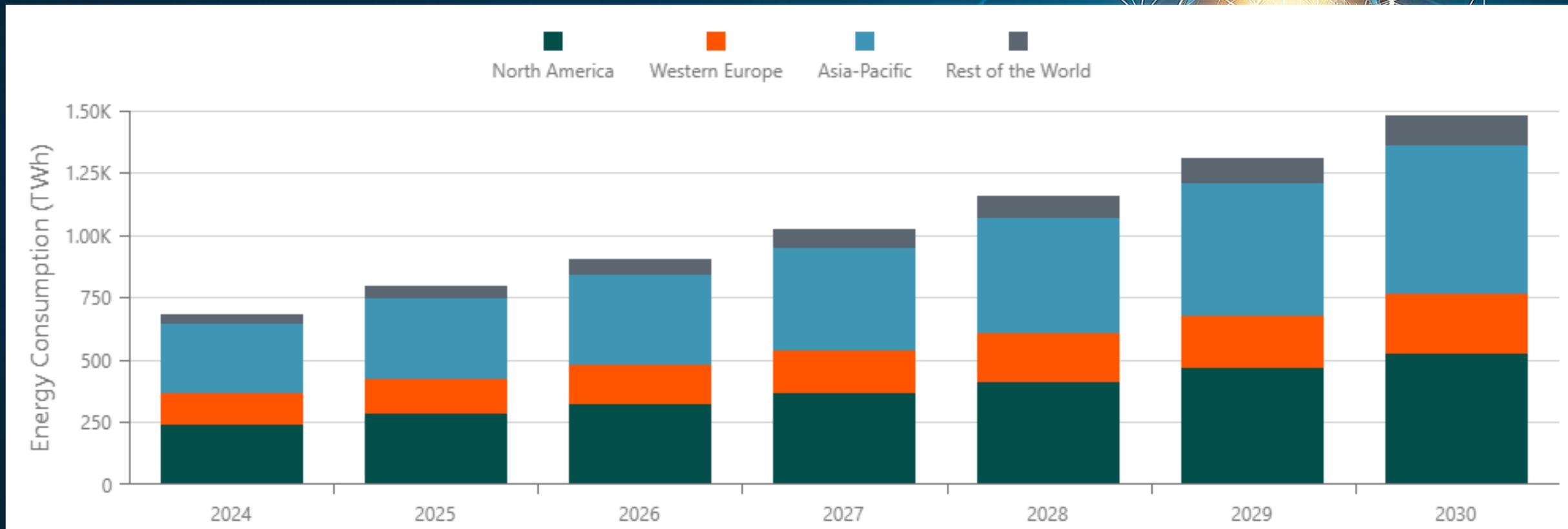


A hand holding a glowing lightbulb against a background of a network graph. The network graph consists of numerous white nodes connected by thin white lines, forming a complex, interconnected web. The lightbulb is held in the lower right corner, with its filament glowing brightly, casting a warm light. The background is a dark blue gradient.

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

Five data center predictions for 2026, UI

Энергопотребление ЦОДов

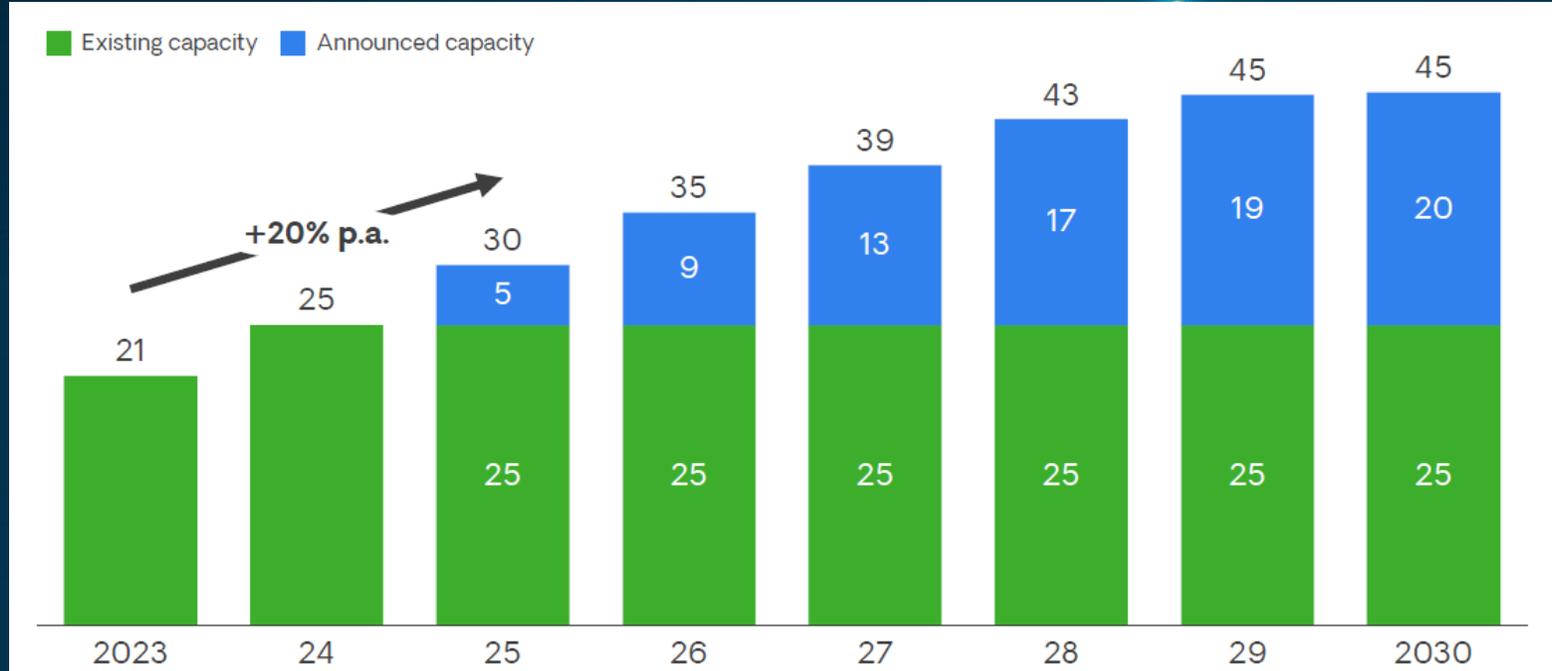


Источник: ABI Research

Мировое энергопотребление: 24 398 ТВтч (2022 г.)

Источник: МЭА

ЦОДЫ В США



ГВт

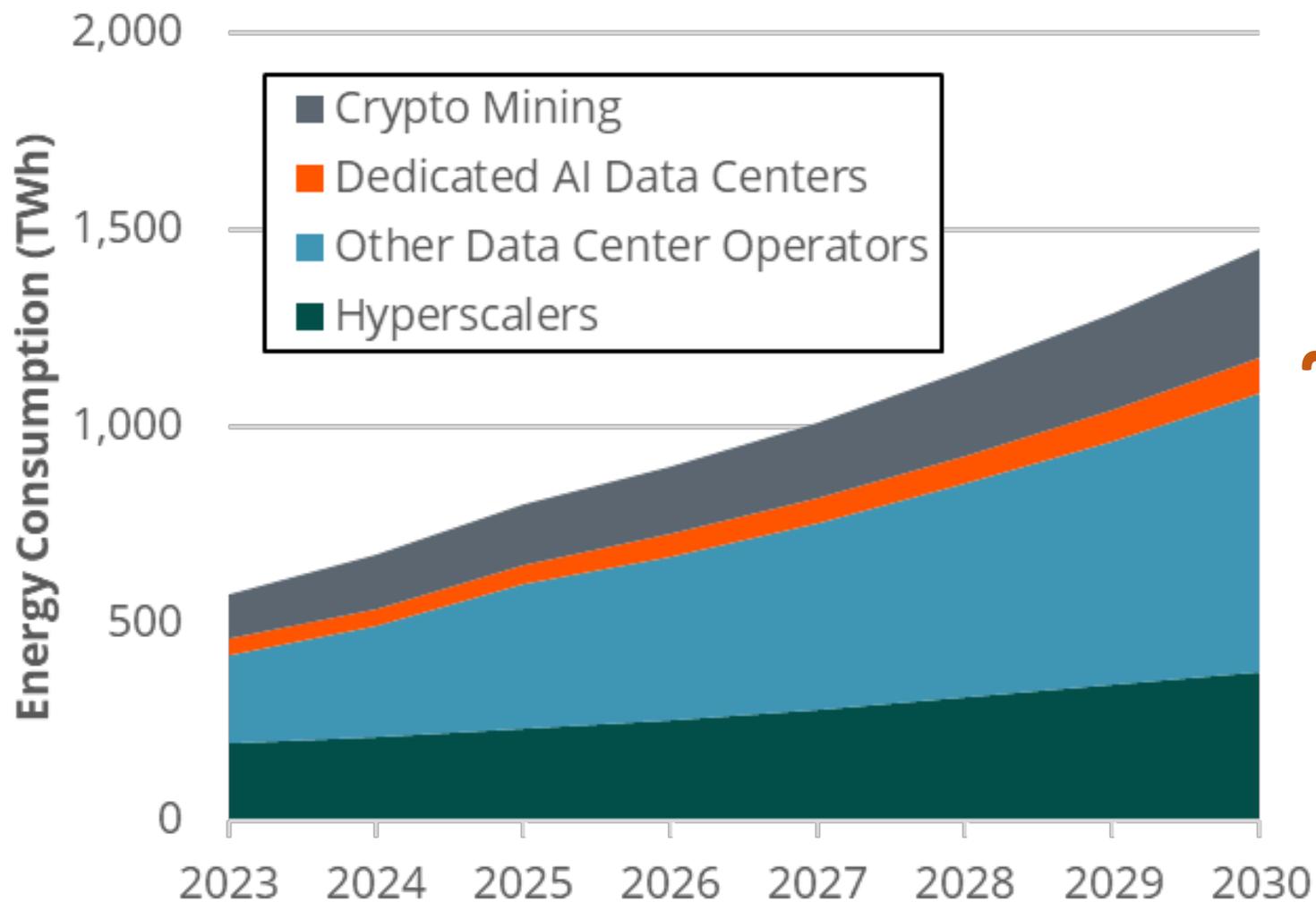


ГВт

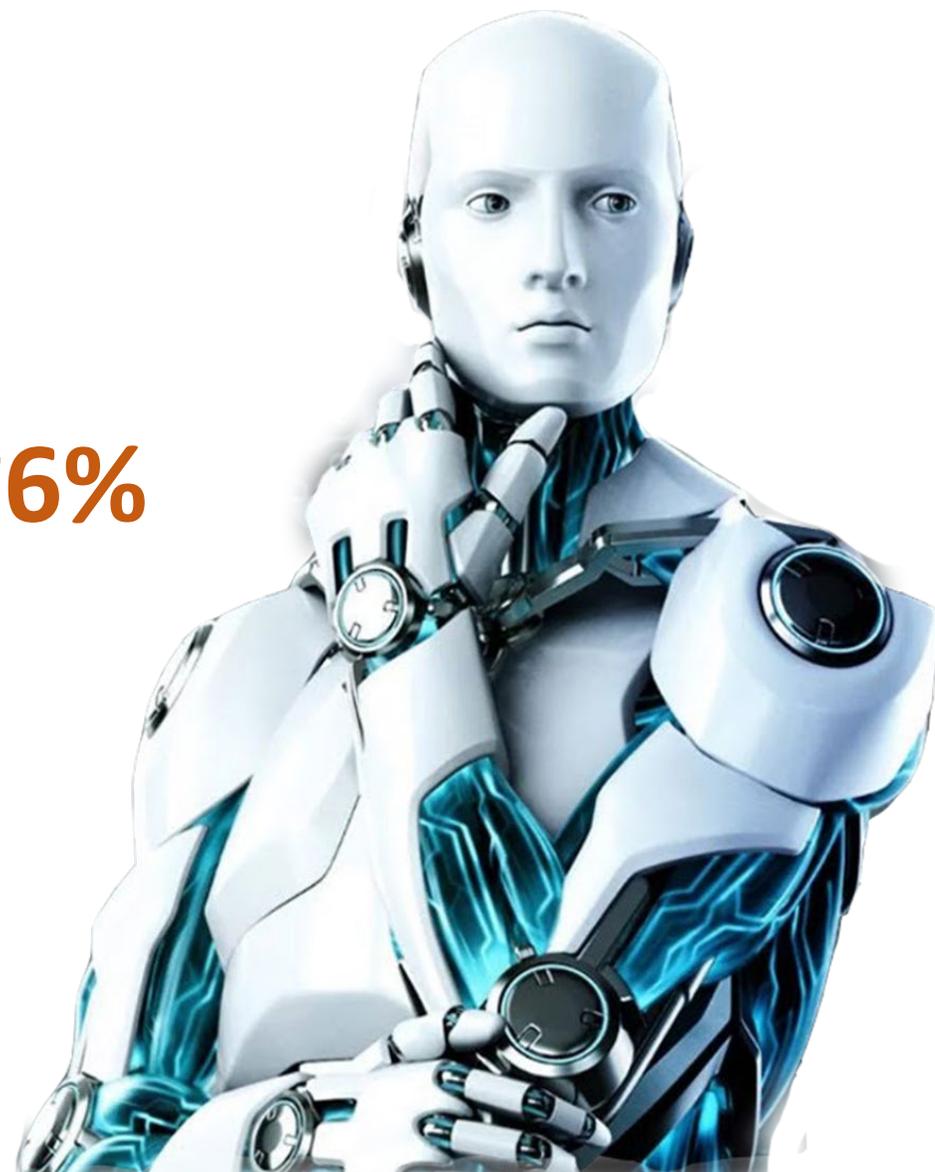


Источник: Vloom Energy на основе открытых данных, данных McKinsey & Company и Reuters

Сколько придется на ИИ-ЦОДы



~6%



Дефицит нарастает



15%

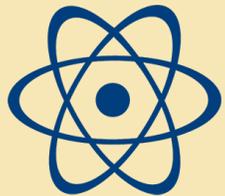
рост потребления
электроэнергии ЦОДами

4%

рост генерации
электроэнергии

Источник: МЭА

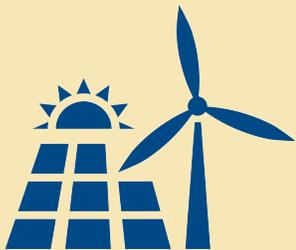
Где брать энергию



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)

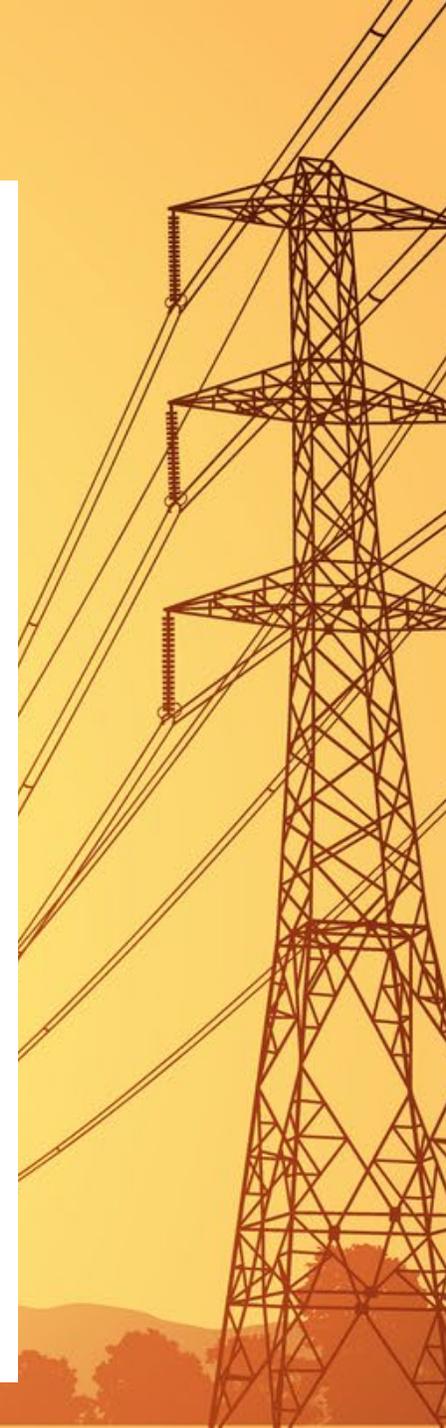
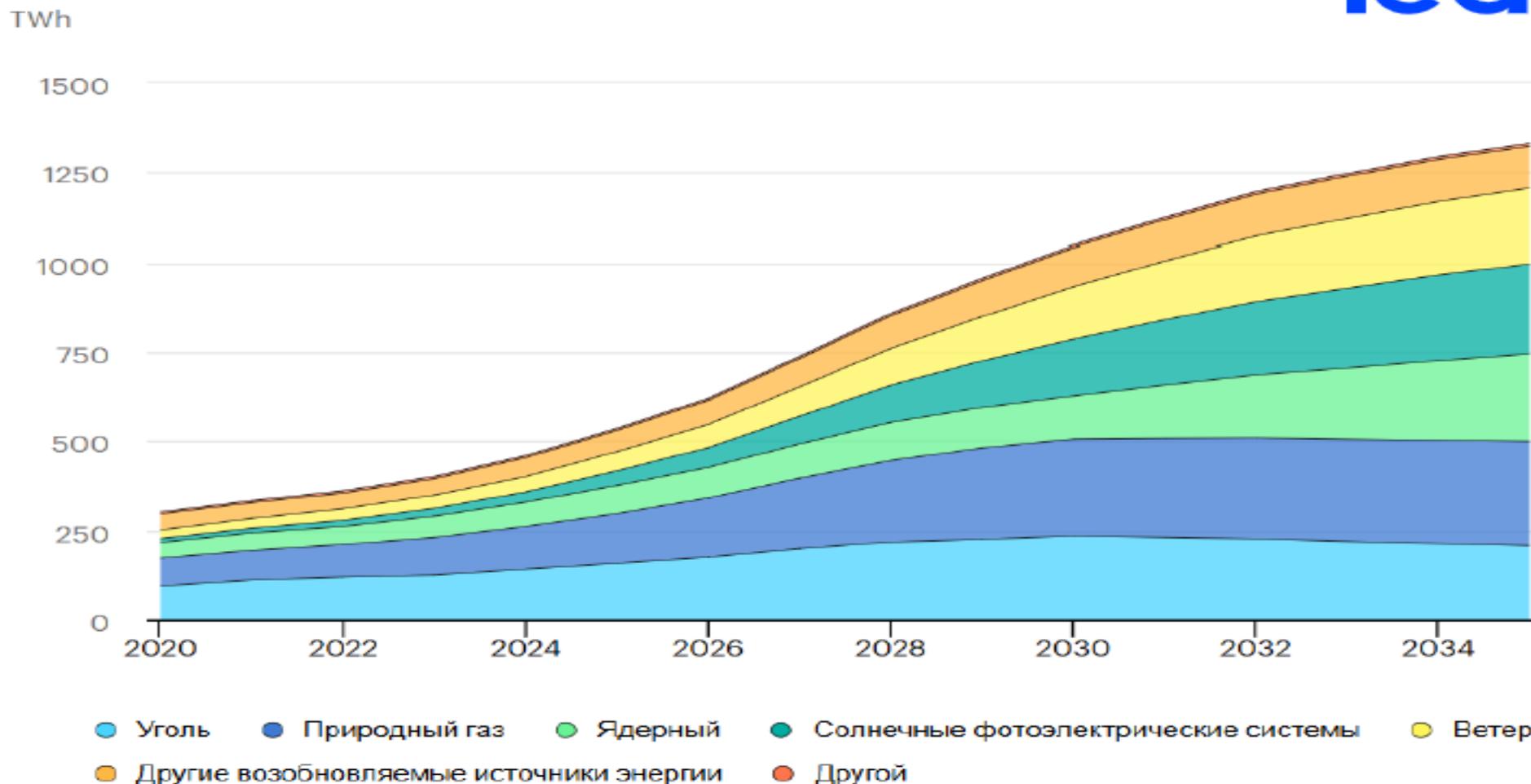
BYOP - Bring Your Own Power

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

Где брать энергию

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

iea





ВИЭ: солнечные батареи и ветрогенераторы

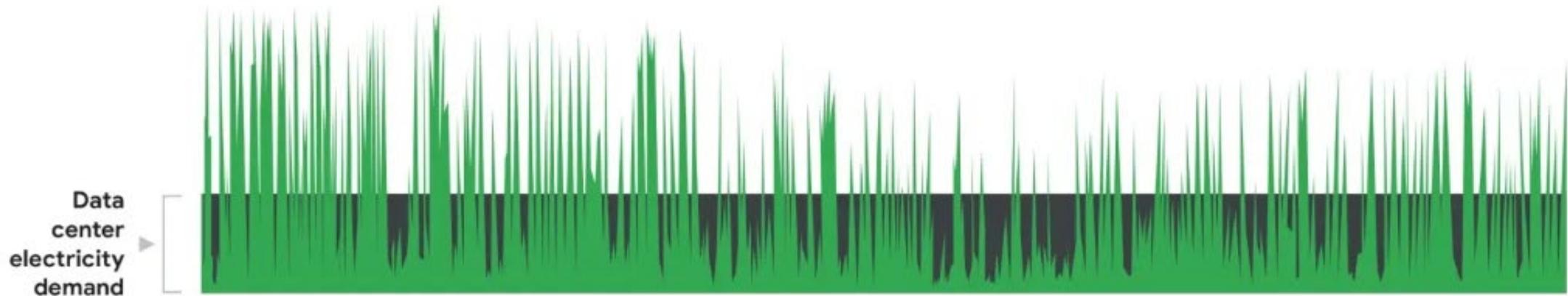
Выдаваемая мощность непостоянна и зависит от погодных условий и времени суток



January 1

- Gaps in carbon-free energy
- Carbon-free energy supply

December 31



Source: Google.



ВИЭ: это большие площади

Для получения 1 МВт:

Солнечные панели

примерно **10 тыс. кв. м**

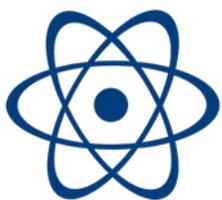
Ветряные турбины

примерно **3,5 тыс. кв. м**

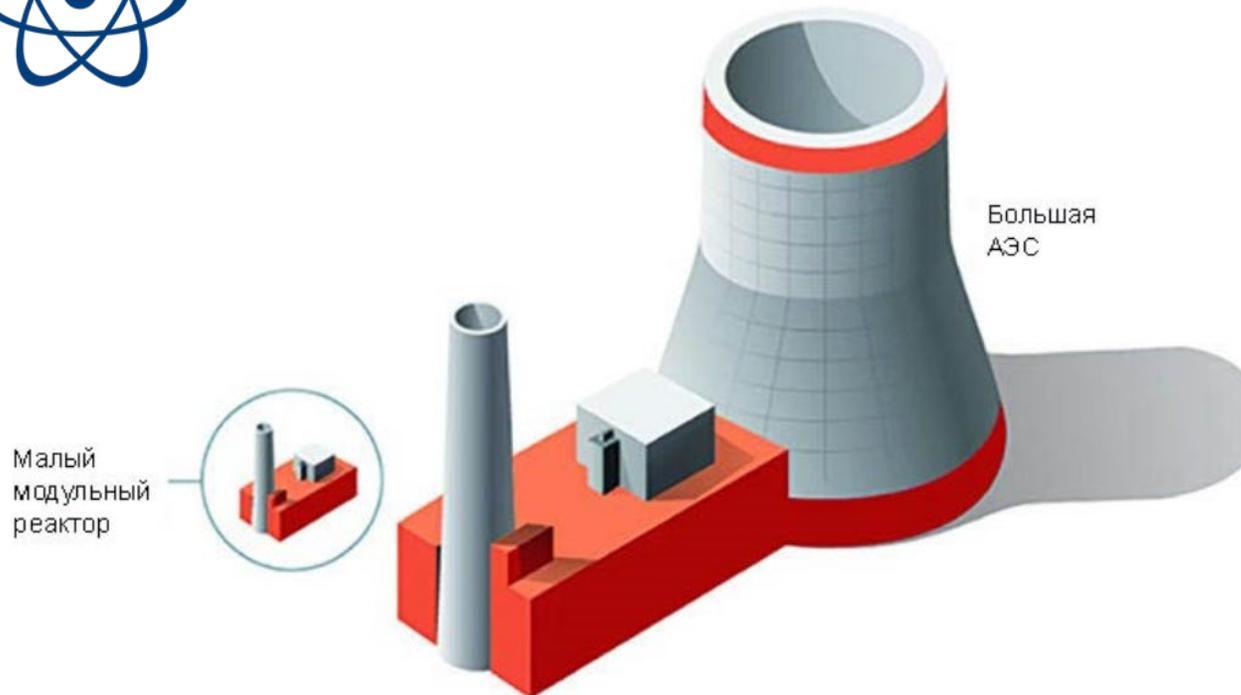
Дизель-генератор

примерно **20 кв. м**





ММР: рынок будущего

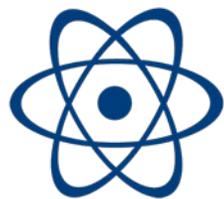


- Большие АЭС -- обычно 1000 МВт+
- Малые модульные реакторы – от 30 до 350 МВт.
- Микро-реакторы -- до 30 МВт (по некоторым классификаторам – до 10 МВт).

В 2024 г. в мире в режиме промышленной эксплуатации только 2 установки ММР:

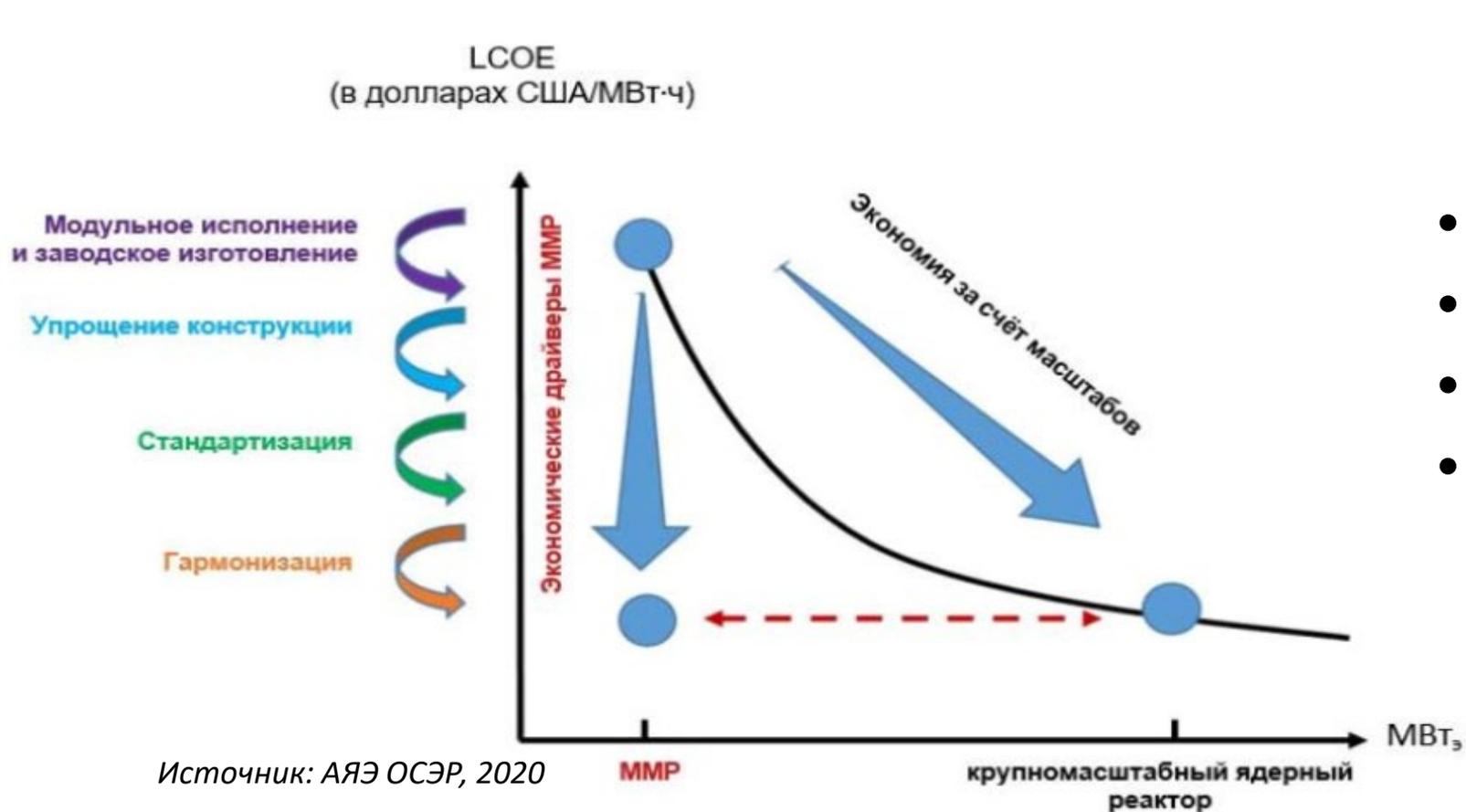
- *Россия - 2 ММР по 35 МВт на плавучей атомной ТЭЦ «Академик Ломоносов»*
- *Китай - энергоблок Shidao bay-1, эл. мощность 211 МВт, тепловая 500 МВт.*

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 MMP

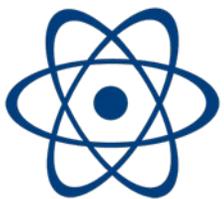
MMP -- усовершенствованный реактор, системы и компоненты которого изготавливаются в заводских условиях в виде модулей для повышения транспортабельности, сокращения сроков строительства и стоимости.



Источник: АЯЭ ОСЭР, 2020



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



ММР для ЦОД

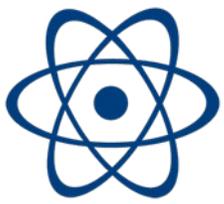
Equinix заключила договор с Oklo, заплатив \$25 млн за право получить до 500 МВт от ММР, производимых Oklo

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.

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»



Использование ГПЭС в режиме когенерации





Использование тепловой энергии ГПУ для получения холодной воды с помощью АБХМ

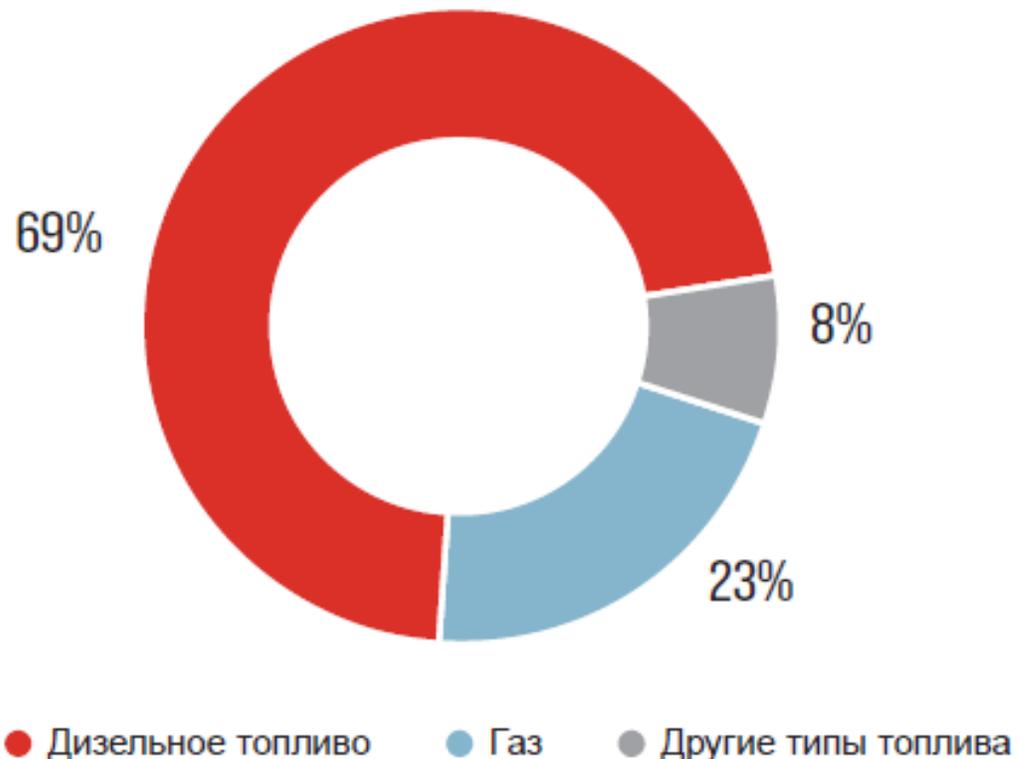


Абсорбционная холодильная машина (АБХМ) – установка, преобразующая тепловую энергию низкого или среднего потенциала в холод. В отличие от компрессорных установок, в таком чиллере отсутствует громоздкий компрессор, а рабочий процесс осуществляется за счет химико-физических свойств растворов и газа.



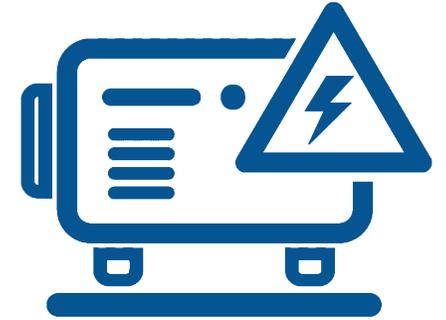
Доли различных типов (по топливу) устройств на мировом рынке генераторных установок для ЦОДов в 2024 г.

Что будет с ДГУ?

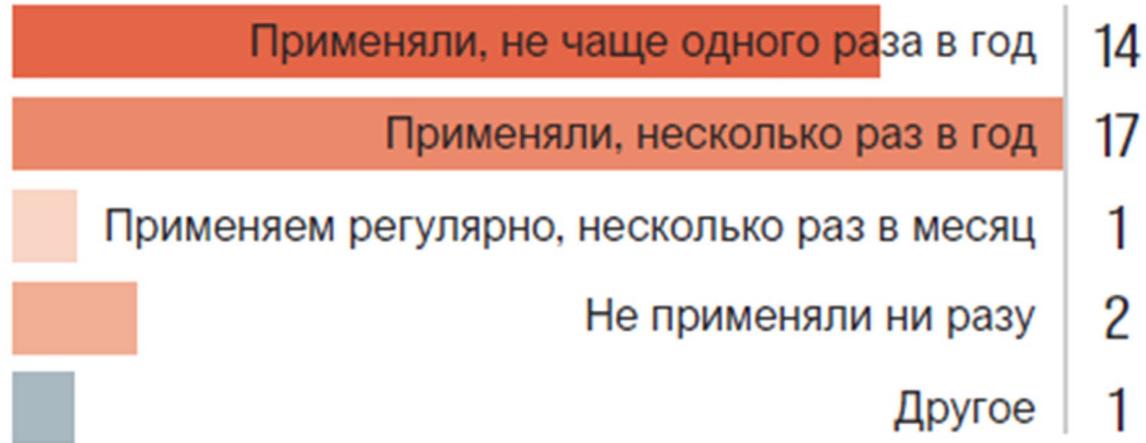


Источник: Mordor Intelligence

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	Базовая нагрузка 24/7
Газовая электростанция комбинированного цикла	48-130	85-90	Базовая нагрузка 24/7
Газовая электростанция комбинированного цикла с системой улавливания и хранения CO ₂	65-170	85-90	Базовая нагрузка 24/7
Ветрогенераторы в море	70-157	40-55	Переменная (высокая производительность)
Газовая электростанция (без паровой части)	115-251	10-20	Пиковая нагрузка (быстрый отклик)
Передовые система атомной энергетики	141-221	90-95	Базовая нагрузка 24/7

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

Технологии накопления



Свинцово-кислотные АКБ



Литиевые АКБ



Натриевые АКБ



Суперконденсаторы



Flywheel (Маховики)



Ванадиевые-Redox батареи

	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	++	++	+	+



Q&A

