

Энергетика «второй цивилизации»

Энергетика: тенденции и перспективы

1102

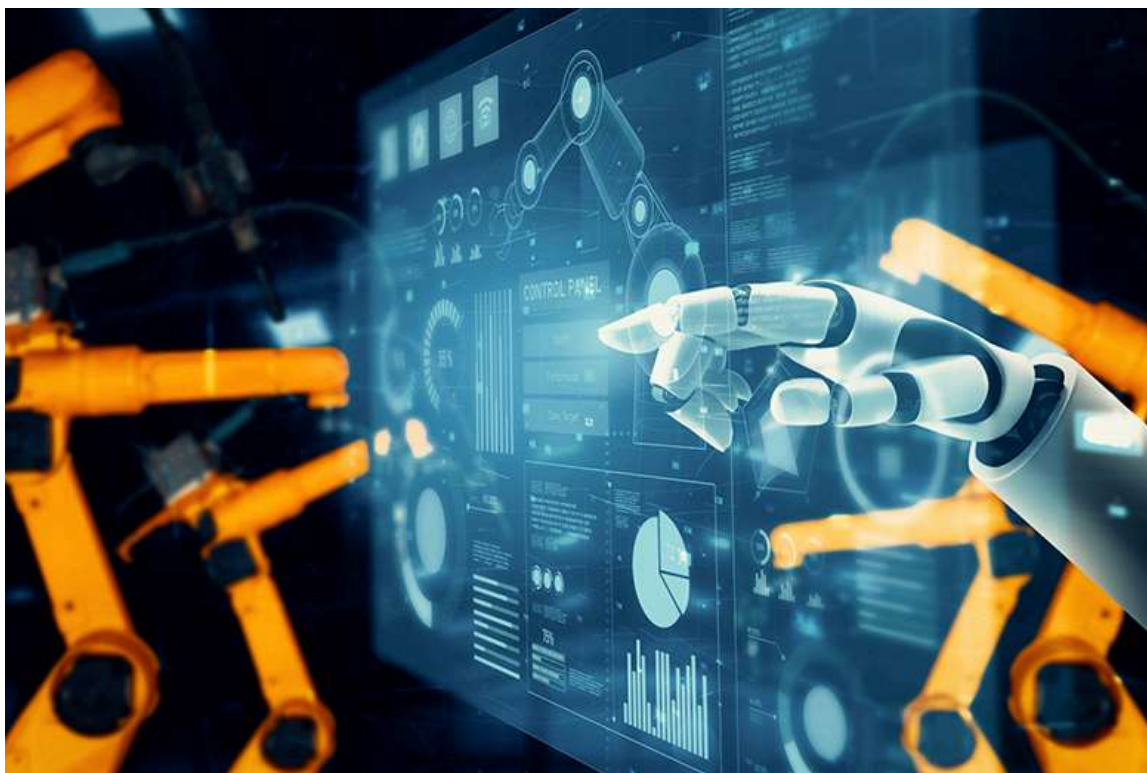


Фото: 123RF

Мы привыкли обсуждать, что дадут технологии искусственного интеллекта (AI) энергетике. Но пришло время задуматься о той энергетической дани, которую человечеству потребуется заплатить за масштабное развитие мира AI.

Средой для его существования являются центры обработки данных (ЦОД), потребности в энергообеспечении которых в последнее время стали существенными и в перспективе будут только увеличиваться.

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), к 2026 году мировое потребление электроэнергии центрами обработки данных может превысить 1000 ТВт·ч — это эквивалентно потреблению Японии.

Однако ЦОД становятся не только одним из главных драйверов роста спроса на энергию, для них требуется энергия с определенными потребительскими свойствами — надежная, качественная, доступная и очень дешевая. Кроме того, для таких крупных потребителей, как ЦОД, становится актуальной проблематика снижения углеродного следа энергообеспечения.

Гонка лидеров AI за новой энергетической мощностью

В интервью Лексу Фридману глава OpenAI Сэм Альтман признался: «Лимитирующим фактором развития AI будет дешевая и доступная энергия. Как только энергия подешевеет, так спрос на AI вырастет в десятки раз». Неудивительно, что многие предприниматели — лидеры цифровых технологий и разработок в сфере AI — стали в текущем году активно заниматься энергетикой.

Чтобы понять масштабы бедствия на микроуровне, возьмем недавний анонс компании Илона Маска xAI, которая при участии Dell создала суперкомпьютер Colossus. Он основан на 100 тыс. графических процессорах (GPU) NVIDIA H100. В ближайшее время компания планирует удвоить количество чипов до 200 тыс. GPU, 50 тыс. из них будут модели H200.

Кроме того, за последние полгода Маск анонсировал несколько других разработок в области суперкомпьютеров: кластер Cortex AI (50 тыс. GPU), Tesla Dojo (20 тыс. GPU) и Memphis (100 тыс. GPU). Маску нужно найти достаточную мощность для питания этих систем, так как даже без расширения Colossus уже потребляет 70 МВт.

О своем беспокойстве относительно недостатка дешевой энергии для развития AI в этом году высказались практически все лидеры этого направления.

Например, **председатель правления и соучредитель Oracle Ларри Эллисон** заявил: «Спрос на электроэнергию со стороны искусственного интеллекта становится настолько «безумным», что Oracle намерена применить новое поколение ядерных технологий». Такая «экзотика» связана с тем, что Oracle в настоящее время планирует создание ЦОД, который будет потреблять более гигаватта электрической мощности. Решить эту проблему предполагается при помощи строительства трех малых модульных ядерных реакторов (ММР). Это передовые ядерные реакторы с мощностью до 300 МВт, которые меньше традиционных в несколько раз. Необходимо отметить, что в данный момент в мире существует всего три действующих ММР: в России, в Китае и в Японии.

Для AI нужно много энергии

Для такой активности предпринимателей есть основания. Аналитики банка Morgan Stanley считают, что индустрия AI будет с каждым годом потреблять на 70% больше энергии. Постоянно растущее количество цифровых данных требует расширения и развития ЦОД для их обработки и хранения. Спрос на электроэнергию в дата-центрах в основном обусловлен двумя процессами: собственно вычислениями и охлаждением серверов, на каждый процесс приходится примерно по 40% потребляемой электроэнергии. Оставшиеся 20% тратятся на сопутствующее ИТ-оборудование.

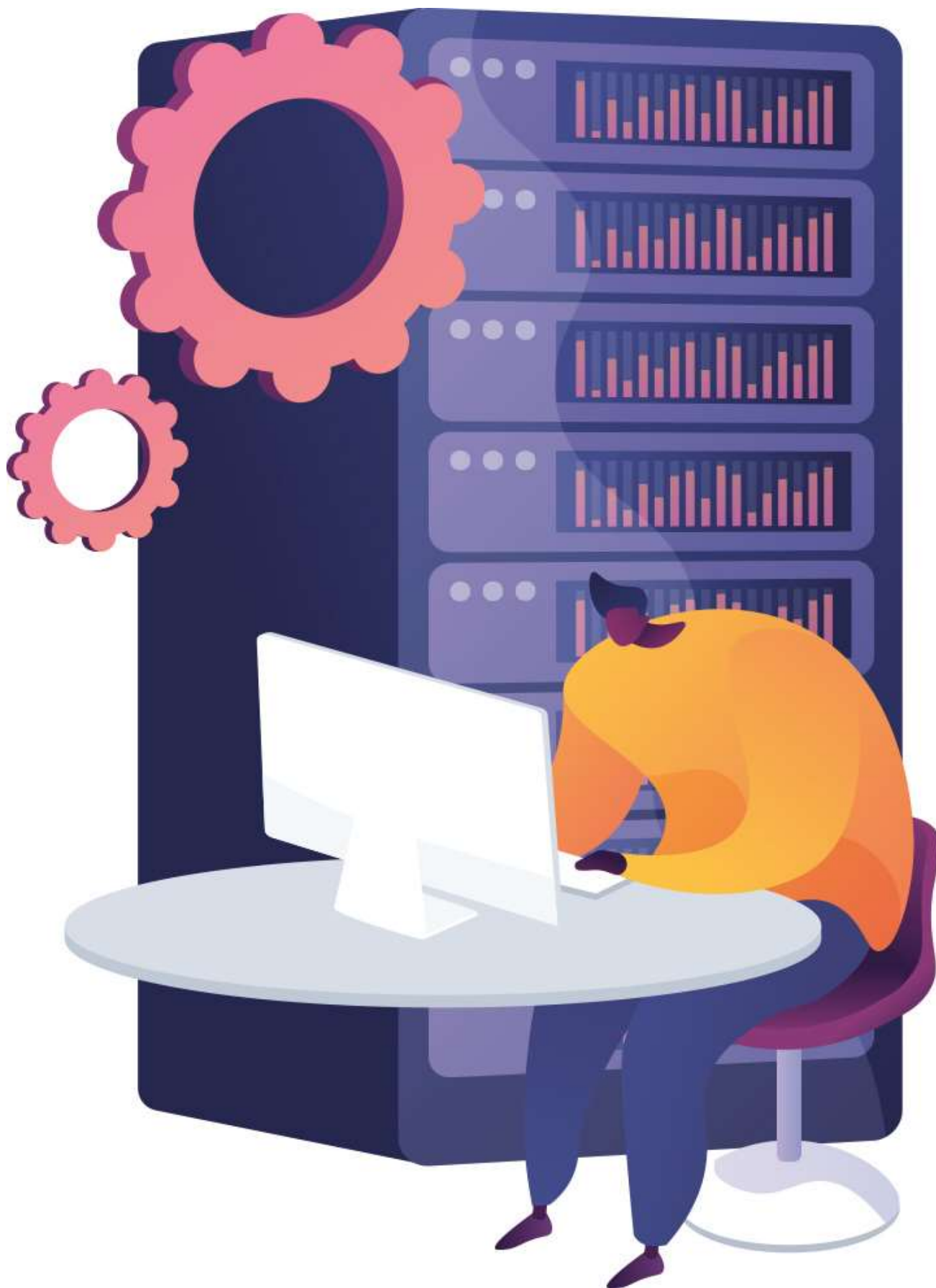
Будущие тенденции энергопотребления в секторе обработки и хранения данных сложно определить, поскольку технологические достижения и цифровые услуги быстро развиваются. В зависимости от темпов развертывания, скорости повышения эффективности работы, а также других тенденций в области искусственного интеллекта и криптовалют аналитики МЭА ожидают, что глобальное потребление электроэнергии в данном сегменте будут варьироваться от 620 до 1 050 ТВт·ч в 2026 году по сравнению с 460 ТВт·ч в 2022 году. Это соответствует дополнительному спросу на электроэнергию от 160 до 590 ТВт·ч в 2026 году по сравнению с 2022 годом, что эквивалентно энергопотреблению Швеции или, в максимальном случае, Германии.



Глобальное потребление электроэнергии в сегменте обработки и хранения данных к 2026 году может увеличиться от 1,5 до 2,5 раза.

Выполнение операций на базе AI более энергозатратно, чем обычные алгоритмические вычисления, которыми уже сейчас загружены ЦОД. Поисковые инструменты, такие как Google, обеспечат десятикратное увеличение спроса на электроэнергию в случае полного внедрения в них AI. Если перейти от типичного поиска в Google (0,3 Вт·ч на запрос) к поиску на базе ChatGPT (2,9 Вт·ч на запрос) и учесть 9 миллиардов поисковых запросов в день, то это потребует почти 10 ТВт·ч дополнительной электроэнергии каждый год.

Необходимо отметить, что в случае с ЦОД мы имеем дело с гиперконцентрированным потреблением энергии. Американские эксперты считают, что человечество движется к созданию вычислительных кластеров для обучения AI-моделей стоимостью в сотни миллиардов долларов к 2028 году. Они будут требовать мощности, эквивалентной той, что необходима сегодня небольшому штату США. А уже к концу десятилетия мы придем к кластерам стоимостью более чем \$1 трлн, требующим мощности более 20% от современного производства электроэнергии в США. В 2030 году при сохранении этой тенденции на вычисления нужна будет мощность в 100 ГВт.



Однако не всегда в вопросах энергообеспечения ЦОД речь должна идти только о создании новых генерирующих мощностей.

Инновационные решения по снижению энергопотребления дата-центров

В мире разрабатывается несколько технологических направлений, обещающих существенное сокращение потребности ЦОД в электрической энергии и мощности. Преимущественно они связаны с повышением энергоэффективности систем охлаждения и самих серверов.

По оценкам экспертов, внедрение высокоэффективных систем охлаждения может снизить спрос на электроэнергию в центрах обработки данных на 10%. Другие исследования в области охлаждения показывают, что снижение потребления на 20% может быть достигнуто при использовании водяного охлаждения чипов и специальных жидкостей с низкой вязкостью для охлаждения остальных компонентов. Машинное обучение также поможет снизить потребление серверами электроэнергии за счет оптимизации и адаптации к различным сценариям эксплуатации. Google сообщила, что с помощью искусственного интеллекта DeepMind снизила потребность в электроэнергии систем охлаждения своих ЦОД на 40%.

Глава OpenAI Сэм Альтман:

«Как только энергия подешевеет, так спрос на AI вырастет в десятки раз».

В долгосрочной перспективе замена суперкомпьютеров квантовыми компьютерами может снизить спрос на электроэнергию в данном секторе, если этот переход будет поддержан эффективными системами охлаждения. Квантовые компьютеры обеспечивают большую удельную вычислительную мощность и скорость вычислений, чем современные полупроводниковые суперкомпьютеры, потребляя при этом меньше энергии. Но их необходимо охлаждать до температур, близких к абсолютному нулю (-273°C), в то время как суперкомпьютеры могут работать при комнатной температуре.

Еще одна многообещающая область исследований связана с изменением спроса на электроэнергию ЦОД по времени и месту. Специальное программное обеспечение может позволить операторам временно, с помощью моделей, учитывающих общий режим потребления электроэнергии, загрузку мощностей и выбросы парниковых газов, перемещать рабочие нагрузки центров обработки данных в регионы с более низким уровнем потребности в пиковых мощностях или с меньшим уровнем эмиссии углекислого газа.



Существенный потенциал снижения затрат на энергообеспечение ЦОД, а также на обеспечение высокой надежности энергоснабжения и особого «цифрового» качества электроэнергии связан с технологиями микроэнергосистем (microgrids) и виртуальных электростанций (virtual power plants). Правильное сочетание подключения сетевой мощности, собственной генерации, систем накопления энергии, прочих распределенных источников энергии и энергетической гибкости, управляемое современными интеллектуальными системами, сулят значительные эффекты.

А может, податься в космос?

Впрочем, мероприятия по повышению энергоэффективности ЦОД не решают радикально проблему растущего спроса на энергию. Взгляды инженеров и предпринимателей обратились к небу. Например, **член совета директоров Axiom Space и экс-президент Blue Origin Роб МЕЙЕРСОН** считает, что «хранение и обработка данных на орбите — один из самых привлекательных новых рынков космической отрасли». Основная идея состоит в

выводе части вычислительных мощностей в космос, где они могли бы питаться безграничной, дешевой и экологически чистой солнечной энергией.

Трехмесячный стартап Lumen Orbit (США) получил \$2,4 млн инвестиций для запуска первого прототипа в мае 2025 г. на ракете SpaceX Falcon 9. Бизнес-план Lumen Orbit предусматривает развертывание почти 300 низкоорбитальных спутников на высоте около 315 км.

США, Lumen Orbit

Размер инвестиций: \$2,4 млн

Миссия: запуск группы орбитальных ЦОД для обработки данных

Характеристики: 300 спутников на высоте ~315 км

Другой проект — ASCEND — реализуется Евросоюзом для изучения возможности создания парка космических центров обработки данных. Рассматривается вариант, когда на орбиту в три раза выше Международной космической станции запускаются конструкционные единицы площадью 6,3 тыс. м². Каждый из таких строительных блоков выводится на отдельной ракете и имеет мощности для собственного небольшого ЦОД. Планируется, что ASCEND развернет 13 таких блоков общей мощностью 10 МВт в 2036 г. — это будет отправная точка для создания облачных сервисов. К 2050 году мощности нарастят до 1 ГВт.

ЕС, ASCEND

Миссия: создание парка космических ЦОДов

Характеристики: 13 конструкционных единиц площадью 6,3 тыс. км² на высоте ~1400 км

общая мощность — 10 МВт

В настоящий момент самым слабым местом подобных планов является ракетное топливо — его нужно много, и это подрывает углеродный баланс внутри проекта. Для значительного сокращения парниковых выбросов необходим новый тип ракеты-носителя, выбросы которого будут в 10 раз ниже. Ariane Group (Франция, совместное предприятие Airbus и Safran) — одна из 12 компаний, участвующих в ASCEND, — работает над ускорением разработки таких многоразовых и более экологически чистых ракет, в том числе рассчитанных на использование в качестве топлива смеси жидкого кислорода и жидкого водорода.

Перспективы развития дата-центров для AI в России

В последнее время в России также отмечен всплеск активности корпораций по строительству ЦОД. Растущий спрос на новые дата-центры обусловлен ожиданиями существенного увеличения объема данных в связи с потенциальными угрозами кибератак и появлением запросов на использование вычислительных мощностей под искусственный интеллект.



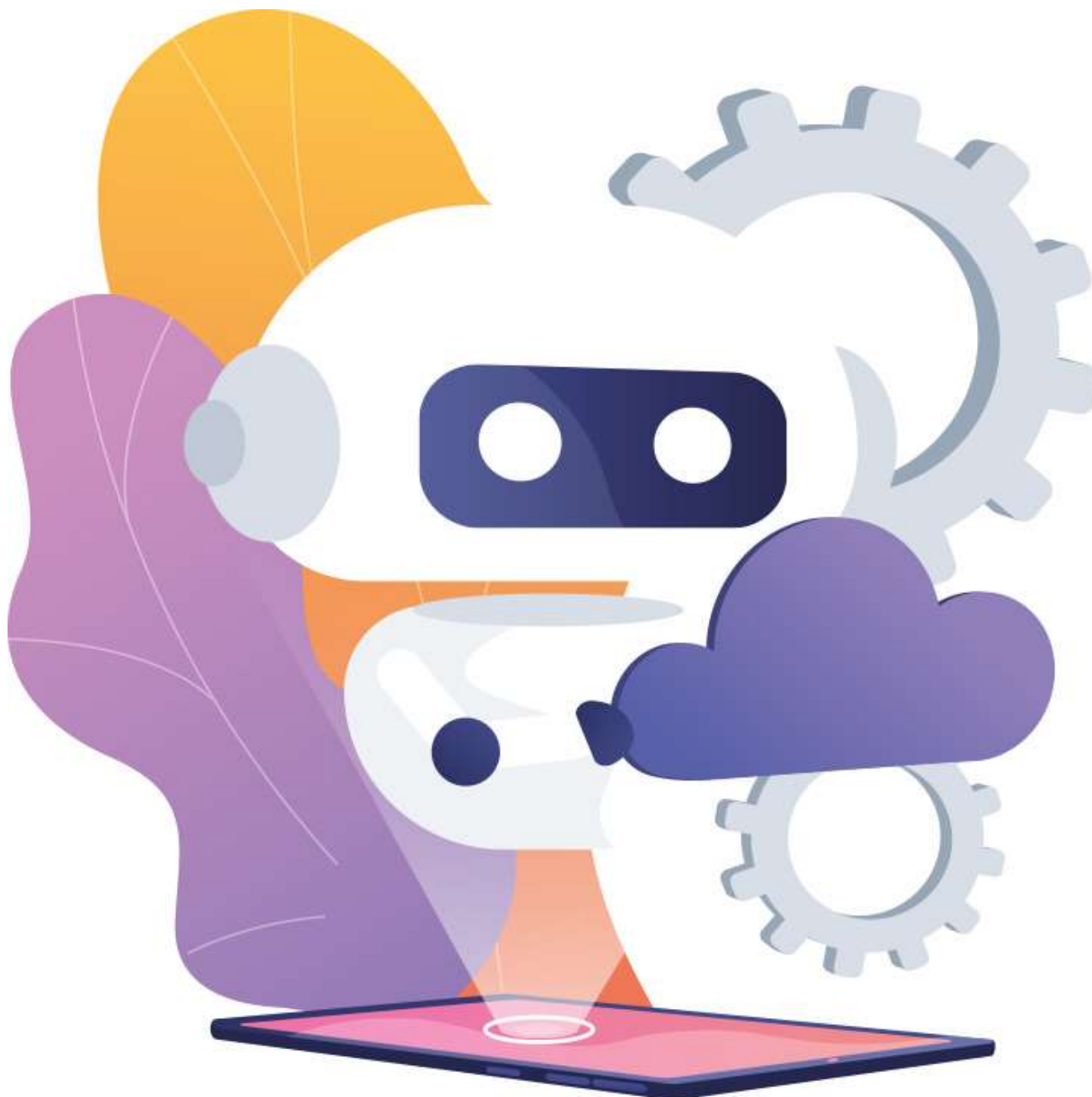
Глава АО «Системный оператор ЕЭС» Федор ОПАДЧИЙ оценил величину присоединенной электрической мощности ЦОД на апрель 2024 года в 2580 МВт (без учета «серого» майнинга). Еще почти на такой же объем мощности имеются утвержденные техусловия на присоединение ЦОД. В ближайшей перспективе мощность дата-центров, включая майнинг, увеличится до 9630 МВт. Данные оценки на текущем этапе развития отрасли AI выглядят адекватными, однако при интенсификации в России работ по данному направлению может потребоваться гораздо больше мощности.

Член совета директоров Axiom Space и экс-президент Blue Origin Роб МЕЙЕРСОН:

«Хранение и обработка данных на орбите — один из самых привлекательных новых рынков космической отрасли».

Господдержка мероприятий, нацеленных на удовлетворение потенциального спроса на ЦОД для AI, предусмотрена национальным проектом «Экономика данных», о запуске которого сообщил Президент России в послании Федеральному Собранию в феврале 2024 г. Нацпроект должен стимулировать строительство в России суперкомпьютеров, оснащенных GPU для обучения AI. Частью нацпроекта выступит федеральный проект «Искусственный интеллект», в рамках которого предусмотрена компенсация затрат компаниям-операторам ЦОД на технологическое присоединение к электросетям. Стоит обратить внимание на то, что экономика работы ЦОД в части энергообеспечения более чувствительна не к стоимости техприсоединения, составляющую от 2% до 10% капитальных затрат, а к стоимости электроэнергии, формирующей основную часть себестоимости каждого запроса к AI.

Перед Россией открывается возможность для стратегического маневра с таким размещением ЦОД, которое позволит добиться более низкой потребности в энергии и доступа к дешевым энергоисточникам. В данном вопросе, прежде всего, необходимо делать ставку на монетизацию «национального холода» — размещение ЦОД в зонах с низкими природными температурами, которые позволят снизить затраты на охлаждение. Обширные российские «севера», в том числе и в европейской части страны, вполне пригодны для размещения ЦОД при условии обеспечения их надежными децентрализованными источниками электроэнергии. В качестве примера удачного сочетания избыточной генерации и естественного холода можно привести работающую в Мурманской области Кольскую АЭС, на базе которой ГК «Росатом» строит ЦОД «Арктика».



Конечно, для масштабного развития дата-центров для AI в России важно полагаться и на новые технологии, такие как атомные станции малой мощности, распределенная гибридная генерация, накопители электроэнергии, водородная энергетика, микрогриды, умное управление потреблением.

Заключение

На наших глазах энергетический переход из политизированной стратегии декарбонизации энергетического сектора превращается в перспективный стратегический план обеспечения развития нового сегмента экономики — мира искусственного интеллекта.

Этот мир очень скоро по количеству потребляемой энергии может стать со-масштабен миру людей, станет «второй цивилизацией» на планете Земля.

Важно осознавать, что технологические решения для энергообеспечения AI относятся к новому энергетическому укладу, они в отличие от традиционной энергетики смогут обеспечить высокие требования по доступности, надежности, качеству, климатической и

экологической устойчивости, экономической эффективности энергоснабжения.

Дмитрий ХОЛКИН, Лев КОЛОМЫЦ, Игорь ЧАУСОВ

Статья подготовлена при поддержке Фонда поддержки проектов НТИ и Министерства высшего образования и науки Российской Федерации в рамках реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Энерджинет».

Искусственный интеллект ЦОД Энергодефицит