

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

ТРЕНДЫ

РАЗРАБОТКИ

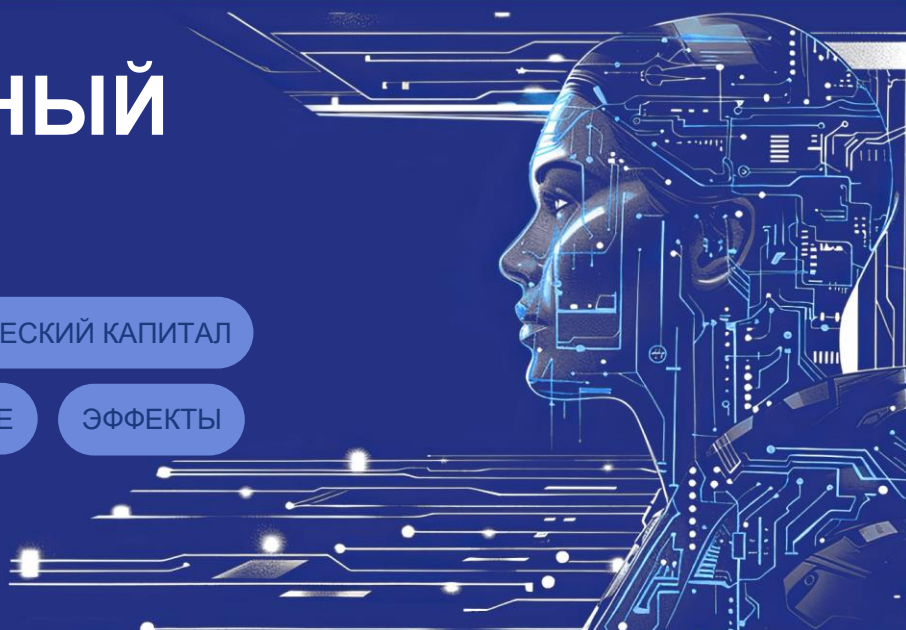
ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ

ИНФРАСТРУКТУРА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

ЭФФЕКТЫ

№ 3 / 2024



Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ представляет новую серию регулярных информационно-аналитических материалов на основе специализированных обследований по изучению трендов, направлений и факторов развития и распространения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в России и мире.

Настоящий выпуск подготовлен в рамках проекта «Мониторинг распространения искусственного интеллекта в реальном секторе экономики России» тематического плана научно-исследовательских работ, предусмотренных Государственным заданием НИУ ВШЭ.

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ ДЛЯ ИИ, НАУКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОПЫТ США

В последние годы на фоне бума ИИ по всему миру растет потребность в вычислительных мощностях, равно как и их стоимость. Ведущие экономики, конкурируя между собой за лидерство в передовых исследованиях и высоких технологиях, все больше инвестируют в развитие вычислительной инфраструктуры. Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ выявил ключевые вехи государственной политики США – страны, многие годы задававшей повестку развития в области ИИ.

Высокопроизводительные вычисления (high-performance computing, HPC) – совокупность объединенных в единую систему вычислительных мощностей, обеспечивающих более высокие рабочие нагрузки, чем у отдельных компьютеров или серверов, за счет использования принципов параллельной и распределенной (грид) обработки данных.

Высокопроизводительные вычисления и суперкомпьютеры, на которых они реализуются, – важный элемент технологической мощи страны и один из факторов лидерства в науке и промышленности. Они позволяют проводить моделирование объектов и процессов без дорогостоящих натуральных испытаний; анализировать огромные массивы данных, которые долго и дорого обрабатывать с помощью обычных вычислительных систем; открывать новые лекарства; разрабатывать и испытывать сложные устройства (например, авиационные двигатели); создавать наиболее точные системы прогноза погоды, предсказывать стихийные бедствия и решать целый ряд иных задач.

Сегодня главным драйвером развития этой области является искусственный интеллект: современные суперкомпьютерные установки позволяют оптимизировать алгоритмы машинного обучения и обучить большие языковые модели ИИ, тренирующиеся на миллиардах и даже триллионах параметров. По некоторым оценкам, стоимость обучения крупнейшей ИИ-модели при сохранении текущих тенденций **превысит ВВП США** уже в 2026 г. Сегодня США – лидер по числу суперкомпьютеров и совокупной вычислительной мощности (171 установка), согласно **рейтингу Top-500** (от июня 2024 г.). США принадлежат два суперкомпьютера эксафлопсного уровня – системы Frontier и Aurora, способные выполнять квинтиллион (10^{18}) вычислений в секунду. Однако они уже не являются единственными в мире:

по некоторым оценкам, Китаю удалось создать собственные установки экзафлопсного класса ([Sunway OceanLight](#), [Tianhe-3](#)), лишь немного уступающие американским.

Доминирующие позиции США в области передовых вычислений были достигнуты благодаря масштабному и непрерывному государственному финансированию. По мере развития технологий и усложнения экономических связей смещался акцент этой политики. Если ранее он был сделан на обеспечении условий для применения суперкомпьютеров в научных исследованиях и разработках, то с развитием ИИ на первый план вышла задача расширения круга пользователей и создания ИИ-моделей, в т. ч. для различных прикладных проектов. Однако пока позволить себе высокопроизводительную вычислительную инфраструктуру могут лишь крупные компании и ведущие университеты.

Таблица 1. Ключевые инициативы США в сфере высокопроизводительных вычислений

Инициатива	Период реализации	Ответственное ведомство	Основные положения (задачи)	Бюджет
Национальный исследовательский ресурс по ИИ (National Artificial Intelligence Research Resource, NAIRR)	2024–2026 г. – пилот, после этого периода возможен полноценный запуск	Национальный научный фонд (NSF) Министерство энергетики (DOE)	<ul style="list-style-type: none"> – Обеспечение льготного доступа к вычислительным ресурсам для исследователей, студентов, МСП – Развитие инноваций в области ИИ – Распространение успешных исследовательских практик 	2.6 млрд долл. в 2023–2028 г. (440 млн долл. в год)
Национальная стратегическая компьютерная инициатива (National Strategic Computing Initiative, NSCI)	2016–2030 г. (обновлена в 2019 г.)	Министерство обороны (DOD) Министерство энергетики (DOE) Национальный научный фонд (NSF)	<ul style="list-style-type: none"> – Обеспечение перехода на экзафлопсный уровень вычислений – Интеграция методов машинного обучения для решения задач в области науки, техники, кибербезопасности – Поиск альтернативных технологий создания электронно-компонентной базы (помимо полупроводников) 	2.9 млрд долл. в 2016–2020 г.
Передовые научные компьютерные исследования (The Advanced Scientific Computing Research, ASCR)	бессрочно с 1980 г.	Министерство энергетики (DOE)	<ul style="list-style-type: none"> – Создание и запуск новых суперкомпьютеров – Предоставление исследователям доступа к установкам – Стимулирование использования суперкомпьютеров компаниями 	1 млрд долл. в 2024 г.

ИСИЭЗ НИУ ВШЭ на основе открытых источников.

Чтобы выровнять эти дисбалансы, в США в начале 2024 г. запущен рассчитанный на два года пилотный проект – **Национальный исследовательский ресурс по искусственному интеллекту** (далее – Национальный ИИ-ресурс, NAIRR) (табл. 1). Его задача – обеспечить доступ исследователей, студентов, небольших компаний к наиболее современным инструментам создания и доработки ИИ-систем. В его основе лежит концепция *инфраструктуры коллективного пользования*, объединяющей в единую экосистему не только вычислительные мощности (суперкомпьютеры, распределенные платформы, сети), но и данные, тестовые полигоны, алгоритмы и инструменты тестирования, сопровождение и поддержку со стороны оператора ресурса. По задумке авторов, NAIRR не только стимулирует научно-исследовательскую активность, но и служит платформой для взаимодействия исследователей и экспертов, знакомства с успешными практиками создания ИИ-моделей.

Льготы на пользование ресурсов могут получить исследователи, преподаватели, студенты, МСП, реализующие фундаментальные, прикладные и трансляционные¹ исследования в области ИИ. Федеральная поддержка предоставляется в форме **грантов** (в денежной форме) или **токенов** (сертификатов), обмениваемых на вычислительное время, доступ к данным и иные сервисы. При этом одно из ключевых условий – **общедоступность результатов**, разработанных за счет государственных средств. Результаты, которых участники добились благодаря применению вычислительной инфраструктуры NAIRR, должны быть представлены в форме открытого исходного кода, за исключением малых предприятий (согласно

¹ В данном случае исследования, направленные на изучение лучших практик.

законодательству США). Таким образом пользователи становятся и контрибьюторами Национального ИИ-ресурса, в т.ч. данных, исследовательских инструментов, учебных программ и сопутствующих материалов. Пилотируемая инфраструктура представляет собой **комбинацию правительственных и корпоративных ресурсов**, включая отдельные серверы, кластеры серверов, в локальном и облачном формате. Вовлекаемые в проект ресурсы должны выдерживать значительные нагрузки, обеспечивать одновременное выполнение операций различными пользователями и обучение наиболее ресурсоемких ИИ-моделей. Частные компании могут стать поставщиками Национального ИИ-ресурса только по итогам конкурсного отбора. Сегодня свой вклад в проект вносят и **26 организаций**, участвующих в проекте, в т.ч. глобальные корпорации AMD, NVIDIA, IBM, Microsoft, Intel и др., аффилированные с ними стартапы (OpenAI и др.). К примеру, **IBM** предоставляет наборы данных, геопространственные, временные ряды, базовые (фундаментальные) модели для материаловедения и химии; **Intel** обучает навыкам работы со своими серверными платформами и т.д.

В проекте участвуют 13 федеральных ведомств, но главная роль принадлежит министерству энергетики (DOE). Оно предоставляет основную вычислительную базу при подведомственных ему лабораториях, включая испытательный стенд ИИ Аргонского вычислительного комплекса (**ALCF**) и систему Summit лидирующего вычислительного комплекса Ок-Риджа (**OLCF**), которые берут начало с **Манхэттенского проекта** (американский атомный проект, в его рамках создавалась математическая программа для проведения вычислений в области энергетических технологий). Логика реализации NAIIRR во многом восходит к этой политике, начатой еще в 1950-х гг. и направленной на объединение установок в единую инфраструктуру с помощью внутренней научной высокоскоростной сети связи.

Вычислительная инфраструктура подведомственных министерству энергетики лабораторий развивается в рамках бессрочной федеральной программы **передовых компьютерных исследований**, действующей на протяжении последних 40 лет (табл. 1). Одной из задач программы является вовлечение новых пользователей и получение благодаря этому ощутимых для экономики и общества результатов. Именно поэтому новый этап развития суперкомпьютеров, начавшийся в середине 2000-х гг., связан с открытием доступа к суперкомпьютерной сети на конкурсной основе для исследователей из промышленности. Впервые в Законе о возрождении высокопроизводительных вычислений (High-End Computing Revitalization Act, 2004) высокопроизводительные вычисления признаны инструментом инновационной деятельности бизнеса. Эти инициативы также нашли отражение в Законе о восстановлении и реинвестировании (American Recovery and Reinvestment Act, 2009) как ответ на глобальный финансово-экономический кризис. Крупный бизнес в полной мере оценил возможности высокопроизводительных вычислений, и сегодня они широко востребованы в различных промышленных проектах. В частности, корпорации **General Electric** и **Pratt&Whitney** разработали более энергоэффективные и менее шумные реактивные двигатели благодаря проведению трехмерных виртуальных испытаний вместо натуральных.

Интеграция ИИ в повестку развития высокопроизводительных вычислений произошла в 2016 г. с началом реализации **Национальной стратегической компьютерной инициативы** (табл. 1). Она обозначила в качестве главных приоритетов объединение двух типов вычислений – *моделирование и симуляции с анализом данных*, а также переход к следующему поколению вычислений уровня экзафлопс. Центральным элементом этой стратегии стал крупнейший в истории министерства энергетики США **Экзафлопсный вычислительный проект** стоимостью почти **1 млрд долл.** В рамках него разработано 30 приложений и 67 программных решений для приоритетных задач (химия, материаловедение, энергетика, науки о земле и космосе, национальная безопасность и др.), сформирован интегрированный программный стек. Всего планируется создать три установки экзафлопсного класса: Frontier (области применения – моделирование жизненного цикла ядерного реактора, генетика), Aurora (материалы, биология, транспорт, ВИЭ), El Capitan (ядерная безопасность). На сегодня запущены два из них – Frontier (2021 г.) и Aurora (2023 г., проект еще не завершен).

Резюме

США занимают ведущие позиции в области науки и технологий во многом благодаря самой мощной вычислительной инфраструктуре в мире. Главные черты политики в этой области – многолетний характер программ, масштабное финансирование, объединение государственных и частных ресурсов (аппаратное обеспечение, ПО, инструменты разработки, данные и др.). С учетом стабильно значительных инвестиций одной из главных задач госполитики в этой области остается формирование эффективной модели использования суперкомпьютерной сети.

Сегодня ИИ востребован практически во всех отраслях экономики и социальной сферы, что стимулирует и спрос на суперкомпьютеры. Государство, обеспечивая доступ для новых категорий пользователей,

включая студентов, отдельных исследователей, стартапы и малые компании, не только ускоряет разработку новых решений, но и упрощает выявление наиболее интересных разработок. Не случайно в эти программы вовлечены профильные министерства и ведомства, включая министерство обороны США (DOD), которое среди прочего является одним из ключевых пользователей новых технологий. Фактически речь идет об интеграции гражданских и военных ИИ-приложений в рамках единой инновационной экосистемы. Одновременно с этим реализуются проекты, направленные на преодоление ограничений в области полупроводников, а также разрабатываются альтернативные вычислительные парадигмы, среди которых особое место занимают квантовые вычисления.

■ Авторы: **Ю. В. Туровец, Н. П. Марчук**

Данный материал НИУ ВШЭ может быть воспроизведен (скопирован) или распространен в полном объеме только при получении предварительного согласия со стороны НИУ ВШЭ (обращаться issek@hse.ru). Допускается использование частей (фрагментов) материала при указании источника и активной ссылки на интернет-сайт ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (issek.hse.ru), а также на авторов материала. Использование материала за пределами допустимых способов и/или указанных условий приведет к нарушению авторских прав.

© НИУ ВШЭ, 2024

Сайт ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

issek.hse.ru



канал в Telegram

t.me/iFORA_knows_how



сообщество во «ВКонтакте»

vk.com/issekhse

