

УДК 336.71, 005.584

## 1.2. Моделирование влияния искусственного интеллекта на динамику показателей крупных компаний (на примере компаний–гиперскейлеров)

Варшавский Л. Е. г. Москва, Россия.

*В статье рассматриваются основные этапы в развитии элементной базы информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Исследуется роль разработок ведущих микроэлектронных компаний, а также компаний–гиперскейлеров в развитии рынка искусственного интеллекта (ИИ). Рассматривается экономико-математическая модель влияния уровней распространения генеративных ИИ на показатели компаний–гиперскейлеров. Исследуются прогнозные сценарии развития компаний–гиперскейлеров при разных уровнях использования генеративных ИИ.*

### 1. Особенности развития элементной базы ИКТ на современном этапе

В настоящее время процесс миниатюризации интегральных схем (ИС) вступает в завершающий этап. Перестают действовать факторы и тенденции, влиявшие с 1960–1970 гг. на повышение степени интеграции и производительность полупроводниковых схем, в частности: «закон Мура», предусматривающий двукратное увеличение степени интеграции интегральных схем через каждые 1,5–2 года; «закон Деннарда», состоящий в том, что в чипах на основе КМОП-технологии (CMOS) плотность рассеиваемой энергии сохраняется постоянной при одинаковом уменьшении топологического размера, подводимого к транзистору напряжения, а также при увеличении во столько же раз внутренней частоты устройства. Обострились проблемы отвода тепла, выделяемого из-за непрерывно повышающейся температуры по мере повышения плотности монтажа элементов и частоты, а также возникновения в чипах токов утечки (как из-за работы на высоких частотах, так и за счет проявления квантовых эффектов, в частности, туннельного эффекта). В связи с усложнением условий развития компания Intel, бывшая долгое время лидером в создании процессоров, уже в середине прошлого десятилетия отказалась от двухгодичного цикла в производстве (tick-tock) и перешла к трехгодичному циклу (освоение нового технологического процесса—выпуск микропроцессора с новой архитектурой—повышение производительности и энергоэффективности процессоров) [Варшавский Л, 2022].

Ряд возникших проблем удалось решить к началу 2010–х гг. В частности, в это время был осуществлен переход от производства традиционной планарной к энергоэффективной трехмерной структуре транзисторов (плавниковая конструкция FinFET см. [Щука, 2007]), достигнуты определенные успехи в разработке кремний-фотонных приборов на одном чипе, в которых проводящие металлические соединения заменяются на оптические [Варшавский Л, 2022]. В 2020 г. появились сообщения о разработке нового поколения транзисторов GAA, ещё более эффективного, чем FinFET.

В последние годы на процессы миниатюризации ИС большое влияние оказывает использование экономически эффективных установок экстремальной ультрафиолетовой фотолитографии (EUV-сканеров), позволяющих производить ИС с топологическим размером менее 7 нм. Благодаря использованию EUV-сканеров, производимых компанией ASML Holding NV, компании TSMC, лидеру в производстве ИС, удалось наладить производство схем с топологическим размером 5 нм и 3 нм (на такие ИС приходится свыше 50% доходов TSMC [Варшавский Л, 2023],<sup>1</sup>). В ближайшее время предполагается начать выпуск ИС с топологическим размером 2 нм. Вместе с тем прогресс в области миниатюризации ИС сопровождается резким ростом капитальных затрат. В результате потребителями высокотехнологичного оборудования, в частности EUV-сканеров, могут быть только мощные компании, лидирующие на отдельных сегментах рынка ИС [Варшавский Л, 2022].

Интересно отметить, что ещё в 2015 г. участники последней Международной технологической дорожной карты по полупроводникам (ITRS) сочли неэкономичным уменьшение топологического размера микросхем ниже уровня 5 нм после 2021 г. (даже этот размер ненамного больше размера атома кремния, который составляет 0.546 нм!). Дальнейшие методы повышения плотности элементов в чипах связываются с переходом к трехмерным структурам, многослойности и др. Драйверами дизайна чипов, по мнению разработчиков дорожной карты, должны были стать такие области применения, как центры обработки данных (ЦОД), Интернет вещей (IoT) и мобильные устройства<sup>2</sup>.

Во многом эти прогнозы участников ITRS оправдались по мере расширения распространения мобильных устройств (смартфонов) и методов искусственного интеллекта (ИИ) (особенно, начиная с 2016–2017 гг., языковых моделей – LLM). Усилился интерес к использованию специализированных схем типа FPGA (Field-Programmable Gate Array – программируемая пользователем вентильная матрица), ASIC (specific integrated circuit— интегральная схема специального назначения. Специализированные схемы

1 URL: <https://www.digitimes.com/news/a20250116VL206/tsmc-revenue-2025-capex-2024.html> (Дата обращения 15.07.2025).

2 URL: <https://spectrum.ieee.org/semiconductors/devices/transistors-could-stop-shrinking-in-2021> (Дата обращения 13.12.2015).

типа FPGA и ASIC могут быть эффективно использованы при решении многих задач в области искусственного интеллекта (ИИ), так как обеспечивают более высокое быстродействие, большую энергоэкономичность при меньших затратах (они, в частности, могут быть реализованы на микросхемах с большим топологическим размером).<sup>3,4</sup>.

Быстрому распространению методов ИИ, в частности LLM и генеративных ИИ (Chat GPT), требующих обучения на огромных массивах данных, способствовал прогресс в создании высокопроизводительных графических процессоров (GPU). Уже в начале 2010-х гг. GPU компании Nvidia использовались как в качестве ускорителей в суперкомпьютерах и серверах в ЦОД, так и при решении различных задач в области ИИ (в частности, при проведении машинного обучения). Прогресс в области создания высокоэффективных графических чипов, достигнутый компанией Nvidia, в значительной степени способствовал ускоренному распространению языковых моделей и генеративных ИИ в последние годы. В 2022 г. в компании были созданы чипы с архитектурой GPU Hopper (H100), а в 2024 г. — чипы B200 с архитектурой Blackwell, нацеленной на повышение эффективности решения задач ИИ. При этом ускорители GB200 на основе чипов B200 существенно более производительны, чем предыдущие ускорители ИИ от Nvidia — чипы HGX H100<sup>5</sup>.

Особая роль NVIDIA состоит в том, что компания доминирует на рынке графических ИИ чипов для ЦОДов, в облачных сервисах которых проводятся основные работы по машинному обучению. За счёт выпуска новых чипов и ускорителей GPU, доходы компании Nvidia стремительно возросли с 27 млрд долл. в 2022 г. до 130.5 млрд долл.. в 2024 г. (имеются в виду календарные годы). В текущем, 2025 г., рыночная стоимость NVIDIA превысила 4 трлн. долл., что сделало её самой дорогой компанией мира<sup>6</sup>.

Одним из основных производителей современных чипов GPU, разрабатываемых NVIDIA, является мировой лидер в сегменте фабричных компаний — компания TSMC. По некоторым оценкам, в текущем 2025 г., доля чипов NVIDIA, в объёме продаж компании TSMC может достигнуть 20%<sup>7</sup>. TSMC производит также ИИ-чипы на основе FPGA и ASIC, разрабатываемые некоторыми компаниями-гиперскайлераами. В настоящее время TSMC активно продвигает технологию упаковки CoWoS (Chip-on-Wafer-on-Substrate) packaging), которая, обеспечивает эффективную интеграцию графических процессоров и ускорителей с модулями высокобыстродействующей памяти HBM, что важно для реализации приложений ИИ<sup>8</sup>.

## 2. Влияние компаний-гиперскайлеров на развитие рынка ИИ

Следует отметить особую роль 4-х компаний-гиперскайлеров (Amazon; Meta Platforms; Inc. —признана в РФ экстремистской организацией и запрещена; Alphabet Inc. (Google); Microsoft Corporation) в распространении ИИ. Основная часть доходов этих компаний связана с предоставлением своих цифровых платформ с персональными данными пользователей — для ритейла, рекламы, социальных сетей и др. [Оверби, Одестад, 2022]. Инфраструктуру этих платформ представляют ЦОДы, укомплектованные мощными серверами с графическими процессорами. Гиперскайлеры контролируют более 40% мировых мощностей ЦОД, в которых сосредоточены облачные сервисы<sup>9</sup>. В то же время на GPU и другие акселераторы для ИИ, по некоторым оценкам, приходится треть капитальных вложений ЦОД<sup>10</sup>. Поэтому неслучайным является то, что указанные выше гиперскайлеры, заинтересованные в дальнейшем экспоненциальном росте за счёт использования ИИ, обеспечивают свыше 40% доходов компании Nvidia<sup>11</sup>. Кроме того, эти компании ведут активную работу в области создания ИИ-чипов на основе FPGA и ASIC. Интенсификация использования ИИ, в частности языковых моделей после 2017 г., обеспечила стремительный рост гиперскайлеров, называемых иногда «бегемотами». Если в середине 2010-х гг. объёмы доходов 4-х отмеченных выше гиперскайлеров не превышали объёмов продаж на глобальном рынке полупроводников, то в 2024 г., после начала распространения LLM и Chat GPT, они превышали последние почти в 2.5 раза (рис. 1).

3 URL: <https://spectrum.ieee.org/computing/hardware/expect-deeper-and-cheaper-machine-learning> (Дата обращения 19.07.2018).

4 URL: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/computing/hardware/lowbudget-chip-design-how-hard-is-it>. Дата обращения 19.07.2018).

5 URL: <https://serverflow.ru/blog/stati/anons-blackwell-proryv-v-oblasti-ii-anons-gb200-i-rtx5090/> (Дата обращения 19.07.2025).

6 URL: [https://www.rbc.ru/quote/news/article/686e72379a7947ccc74b056c?from=from\\_main\\_15/](https://www.rbc.ru/quote/news/article/686e72379a7947ccc74b056c?from=from_main_15/) (Дата обращения 11.09.2025).

7 URL: [https://finance.yahoo.com/news/whos-bigger-customer-tsmc-nvidia-103000663.html?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAABRxbv7Ygne7x5-VV-wZYIQ9qbQVPOBHeV1IjnCB9JciBarTe7oXTNMCThSmDkc17\\_qg0dy9g-xPda2QDn2o3V2YzKppn4AnyMPb07MPlGacHJ9MRZ-mJtHH5F4UMtHbMyJKIA7OWxt3NSG1Q4ebllxc2iy\\_j2FDtNnVZp1/](https://finance.yahoo.com/news/whos-bigger-customer-tsmc-nvidia-103000663.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAABRxbv7Ygne7x5-VV-wZYIQ9qbQVPOBHeV1IjnCB9JciBarTe7oXTNMCThSmDkc17_qg0dy9g-xPda2QDn2o3V2YzKppn4AnyMPb07MPlGacHJ9MRZ-mJtHH5F4UMtHbMyJKIA7OWxt3NSG1Q4ebllxc2iy_j2FDtNnVZp1/) (Дата обращения 21.08.2025).

8 URL: <https://acomsupply.com/tehnologiya-upakovki-cowos/> (Дата обращения 19.08.2025).

9 URL: <https://www.ciodive.com/news/hyperscale-cloud-data-center-capacity-eclipses-on-prem/723995/> (Дата обращения 11.09.2025).

10 URL: <https://www.electronicsweekly.com/news/business/datacentre-capex-on-a-21-cagr-roll-2025-08/> (Дата обращения 19.08.2025).

11 [https://www.rbc.ru/quote/news/article/686e72379a7947ccc74b056c?from=from\\_main\\_15/](https://www.rbc.ru/quote/news/article/686e72379a7947ccc74b056c?from=from_main_15/) (Дата обращения 19.08.2025).

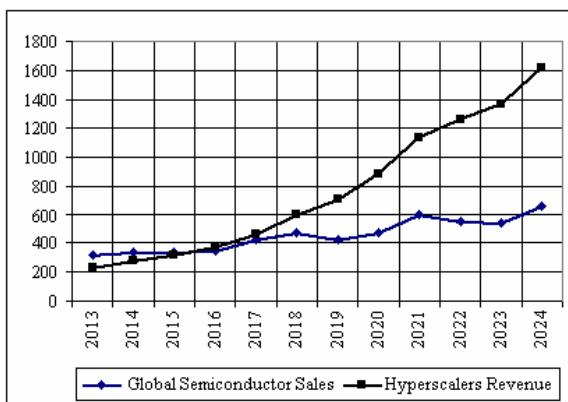


Рис. 1. Динамика объемов продаж 4-х гиперскейлеров и на глобальном рынке полупроводников (в млрд долл. (построено на основе данных годовых отчетов компаний, а также данных в <sup>12</sup>).

В связи с возрастающим влиянием гиперскейлеров на мировую экономику, представляет актуальность исследование дальнейшей взаимосвязи уровней распространения ИИ и динамики показателей этих ключевых игроков рынка искусственного интеллекта.

### 3. Модель влияния уровней распространения искусственного интеллекта на динамику показателей компаний-гиперскейлеров.

Ниже рассматривается модель влияния распространения ИИ на динамику показателей группы из 4-х гиперскейлеров, в которых концентрируются основные мощности ЦОД для ИИ. Модель состоит из следующих блоков, представленных ниже в операторной форме.

1. Блока взаимосвязи логарифмов капитальных вложений  $I_t$  и логарифмов доходов  $Rev_t$  компаний (в млрд долл.):

$$LN(Rev_t) = W_R(z)LN(I_t) = \frac{a_0 z^2 + a_1 z}{(z - \lambda_1)} LN(I_t) \quad (1)$$

2. Блока взаимосвязи логарифмов доходов  $Rev_t$  и логарифмов рыночной капитализации  $MC_t$  компаний (в млрд долл.):

$$LN(MC_t) = W_{MC}(z)LN(Rev_t) = \frac{b_0 z^2 + b_1 z}{(z - \lambda_2)} LN(Rev_t) \quad (2)$$

3. Блока взаимосвязи логарифмов рыночной капитализации  $MC_t$  в млрд долл., прироста пользователей Chat GPT –  $dU_t$  (в млрд пользователей в неделю) с одной стороны и логарифмов капитальных вложений  $I_t$  компаний в млрд долл.— с другой:

$$LN(I_t) = W_I(z)[yLN(MC_{t-1}) + xdU_t] = \frac{z}{(z - \lambda_3)} [yLN(MC_{t-1}) + xdU_t] \quad (3)$$

В соотношениях (1)–(3)  $z$  представляет собой оператор сдвига показателей во времени, т.е.  $zx_t = x_{t+1}$ ;  $W_i(z)$ ,  $i = R, MC, I$  — передаточные функции, характеризующие соответствующие распределенные запаздывания. Экзогенной переменной в модели является прирост пользователей генеративного ИИ (Chat GPT) –  $dU_t$ .

Оценки значений параметров зависимостей (1)–(3), полученные на основе данных годовых отчетов компаний за 2013–2024 гг., а также данных о еженедельном числе пользователей Chat GPT в <sup>[13]</sup>, приведены в таблицах 1–2.

Таблица 1. Оценки параметров зависимостей (1)–(2)

| Зависимость | $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | $a_0$ | $a_1$  | $b_0$ | $b_1$ | Коэффициент вариации v |
|-------------|-------------|-------------|-------|--------|-------|-------|------------------------|
| (1)         | 0,811       |             | 0,615 | -0,580 |       |       | 0,005                  |
| (2)         |             | -0,252      |       |        | 4,064 | 2,198 | 0,016                  |

Таблица 2. Оценки параметров зависимости (3)

| $\lambda_3$ | $\gamma$ | $\chi$ | Коэффициент вариации v |
|-------------|----------|--------|------------------------|
| 0,810       | 0,127    | 0,296  | 0,021                  |

Модель (1)–(3) представляет собой динамическую систему с положительной обратной связью. Передаточная функция замкнутой системы  $W_t(z)$ , связывающая входную переменную  $dU_t$  с выходной  $LN(MC_t)$  имеет следующий вид:

<sup>12</sup> <https://www.nextplatform.com/2025/04/21/the-chips-are-definitely-not-down///> (Дата обращения 15.05.2025).

<sup>13</sup> URL: <https://www.demandsage.com/chatgpt-statistics///> (Дата обращения 29.08.2025).

$$W_t(z) = \frac{\chi W_I(z) W_K(z) W_{MC}(z)}{1 - \gamma z^{-1} W_I(z) W_R(z) W_{MC}(z)} = \frac{0.296(0.7398z^5 - 1.098z^4 + 0.3775z^3)}{z^5 - 2.245z^4 + 1.28z^3 + 0.1448z^2 - 0.1433z^1 - 0.03383} \quad (4)$$

Значения ненулевых корней многочлена (полюсов) в знаменателе (4) для рассматриваемой системы составляют  $1.0047 \pm 0.0679i$ ;  $-0.2026 \pm 0.1051i$ ;  $0.6405i$  ( $i$  — мнимая единица). Ненулевые корни числителя (4) равны соответственно 0.9436 и 0.5409.

Интересно отметить, что реакция построенной системы на постоянное воздействие  $dU_t \equiv const$  (в млрд пользователей в неделю) имеет максимум, величина и время достижения которого зависят от интенсивности входного сигнала. Так, при  $dU_t \equiv 0.5$  максимум показателя  $Rev_t$  достигается при  $t = 2040$ , а при  $dU_t \equiv 0.3$  — при  $t = 2034$  (рис. 2). Таким образом, при большей интенсивности подключения пользователей к генеративному ИИ следует ожидать более интенсивного и длительного роста показателей компаний до момента спада, т.е. более насыщенного пузыря.

#### 4. Результаты прогнозных расчётов динамики показателей компаний—гиперскейлеров

На основе разработанной модели проведены вариантовые прогнозные расчеты на период до 2040 г. Ниже рассматриваются результаты расчётов для трёх сценариев изменения интенсивности использования Chat GPT компанией OpenAI (в млрд пользователей в неделю) в соответствии с законом  $dU_t = dU(0)\mu^{t-2025}$ :

1).  $\mu = 0.9$ ; 2).  $\mu = 0.8$ ; 3).  $\mu = 0.7$ . Предполагалось, что в 2025 г. величина  $dU(0)$  составит 0,7 млн.: Динамика использования Chat GPT —  $U_t$  и остальных анализируемых показателей при этих сценариях представлена на рис. 3–6.

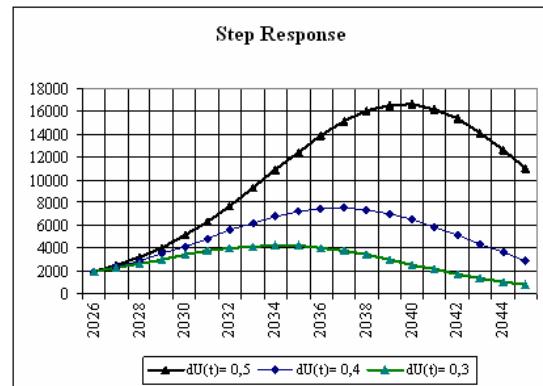


Рис. 2. Динамика объёмов продаж 4-х гиперскейлеров  $Rev_t$  в млрд долл. при вариантах постоянного прироста пользователей Chat GPT —  $dU_t$  (в млрд

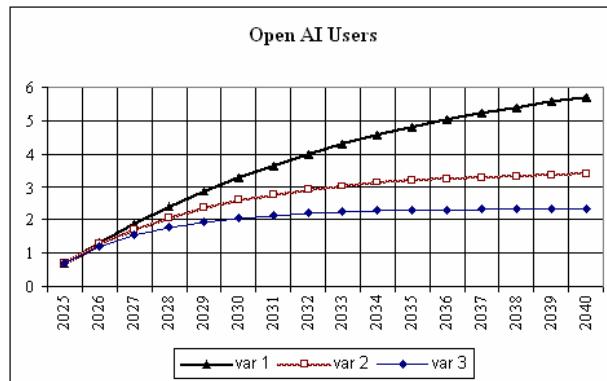


Рис. 3. Динамика использования Chat GPT —  $U_t$  при разных сценариях (var 1–var 3) в млрд пользователей в неделю.

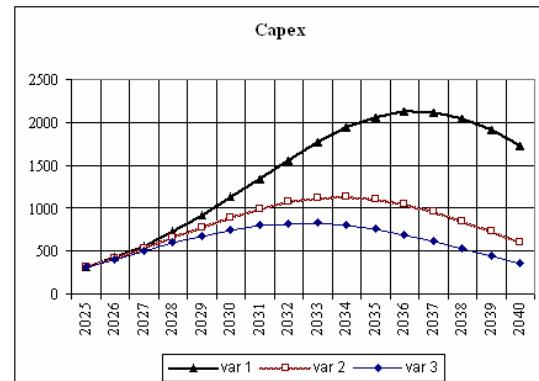


Рис. 4. Динамика капитальных вложений 4-х гиперскейлеров —  $I_t$  (в млрд долл.) при разных сценариях использования Chat GPT (var 1–var 3).

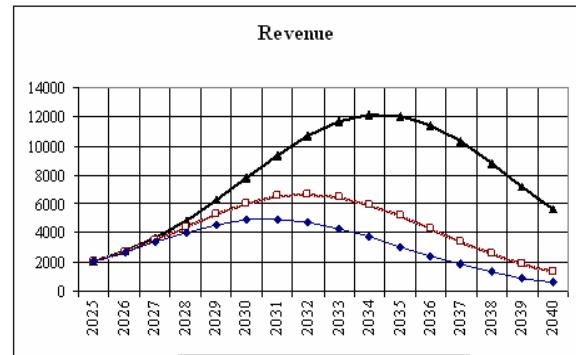


Рис. 5. Динамика доходов 4-х гиперскейлеров —  $Rev_t$  (в млрд долл.) при разных сценариях использования Chat GPT (var 1–var 3).



Рис. 6. Динамика рыночной капитализации 4-х гиперскейлеров —  $MC_t$  (в млрд долл.) при разных сценариях использования Chat GPT (var 1–var 3).

Расчёты показывают, что даже при и достаточно высоком устойчивом росте интенсивности использования Chat GPT уже с начала 2030– гг. следует ожидать снижения объёмов доходов и рыночной капитализации компаний гиперскейлеров (рис. 5, 6). Вместе с тем падение объёмов капитальных вложений начнётся несколько позднее (рис. 4).

На основе разработанной модели проводилась укрупнённая оценка эффективности капитальных вложений компаний гиперскейлеров ROI (англ. Return on Investments) при трёх рассмотренных сценариях использования Chat GPT (относительно нулевого варианта, т.е.  $U_t \equiv 0$ ;  $t = 2025\dots T$ ).

$$ROI = \frac{\sum_{t=0}^T \beta^t NI_t}{\sum_{t=0}^T \beta^t I_t}, \quad \beta = \frac{1}{1+r} \quad (5)$$

при  $T=2030$  и  $T=2040$ . Предполагалось, что величина чистой прибыли группы из 4–х компаний—  $NI_t$ , как и в 2024 г., составит 0,192 от объёмов выручки  $Rev_t$ , а значение дисконт–фактора —  $r = 0.03$ . Расчёты показывают, что распространение Chat GPT может привести к дополнительным существенным объёмам затрат и прибыли. Однако, если в среднесрочной перспективе (2025–2030 гг.) эффективность (доходность) инвестиций ROI в трёх сценариях может составить почти 38%–41%, то в целом за период 2025–2040 гг. этот показатель снизится примерно до 10%–15% (табл. 5).

Таблица 5. Усредненные оценки эффективности (доходности) инвестиций ROI\*

| Период времени | № сценария | I, млрд долл.. | NI, млрд долл.. | ROI   |
|----------------|------------|----------------|-----------------|-------|
| 2025-2030      | 1          | 2081           | 2871            | 0,379 |
|                | 2          | 1671           | 2334            | 0,397 |
|                | 3          | 1386           | 1959            | 0,413 |
| 2025-2040      | 1          | 13490          | 15456           | 0,146 |
|                | 2          | 6974           | 7700            | 0,104 |
|                | 3          | 4658           | 5109            | 0,097 |

\*)  $r = 0,03$

Следует отметить достаточно высокий уровень неопределенности при прогнозировании показателей рассмотренных компаний, что во многом связано с обострившимися проблемами в экономике США и западных стран. Имеет место высокая чувствительность динамики показателей компаний к изменениям параметров и входной переменной модели  $dU_t$ . Так, расчёты показывают, что максимальное влияние на уменьшение величин показателей гиперскейлеров оказывают изменения параметров первого и третьего блоков модели:  $\lambda_1, \alpha_0, \alpha_1, \lambda_3$ . В частности, повышение капиталоёмкости и энергоёмкости проектов гиперскейлеров (например, ввиду планируемого ввода атомных электростанций гигаваттной мощности) может существенно уменьшить показатель ROI и величину доходов компаний. Большое влияние на динамику показателей оказывает и уровень использования ИИ, что проиллюстрировано на рис. 3–6.

Во многом значения этих параметров и уровней входной переменной  $dU_t$  зависят от эффективности использования ИИ. Так, исследования последних месяцев показывают, что большая доля проектов ИИ в бизнесе и на производстве заканчивается неудачей. Так, по данным обследования, проведенного в 2024 г. компанией RAND Corporation, 80% проектов ИИ оказываются провальными, что в 2 раза превосходит долю неудачных проектов, не связанных с ИИ. Причинами провалов являются рост затрат, разного рода риски, связанные с безопасностью и качеством данных.<sup>14</sup> Из-за этих факторов агентство Gartner предсказывает, что к концу 2027 г. более 40% проектов, связанных с генеративным ИИ, будет закрыто.<sup>15</sup> Выборочное обследование, проведенное в середине текущего года в Массачусетском технологическом институте (MIT), показало, что только 5% проектов, связанных с генеративным ИИ, оказались успешными<sup>16</sup>.

Аналитики отмечают, слабую интеграцию методов ИИ с решением проблем компаний, недостоверную оценку эффективности инвестиций (ROI) в формируемый проектах, стремление бизнеса и ИТ–специалистов оседлать формируемый хайп (hype) в распространении ИИ. Отмечается также то, что исследователи из университетов, заинтересованные в первую очередь в повышении публикационной активности по этой модной теме, не занимаются решением реальных задач, стоящих перед бизнесом и производством<sup>17</sup>.

В связи с вышеуказанными причинами разрыв ИИ–пузыря может произойти раньше, чем в рассмотренных выше сценариях. Однако для его поддержания, гиперскейлерами и финансовым сектором будет

14 URL: <https://workos.com/blog/why-most-enterprise-ai-projects-fail-patterns-that-work> // (Дата обращения 13.09.2025).

15 URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-06-25-gartner-predicts-over-40-percent-of-agentic-ai-projects-will-be-canceled-by-end-of-2027>// (Дата обращения 15.08.2025).

16 URL: <https://loris.ai/blog/mit-study-95-of-ai-projects-fail/>// (Дата обращения 31.08.2025).

17 URL: <https://www.tomshardware.com/tech-industry/artificial-intelligence/research-shows-more-than-80-of-ai-projects-fail-wasting-billions-of-dollars-in-capital-and-resources-report>// (Дата обращения 19.05.2025).

использован широкий арсенал методов, включая пропаганду преимуществ использования ИИ даже в тех случаев, когда его применение неэффективно.

### 5. Выводы

В настоящее время одним из главных драйверов развития производства интегральных схем является искусственный интеллект.

Концентрация мощностей ЦОД в компаниях-гиперскейлерах во многом определяет интенсивность распространения ИИ.

При сохранении сложившихся тенденций эффективность капитальных вложений гиперскейлеров будет снижаться уже с первой половины 2030-х гг..

### Литература

1. Варшавский Л.Е. Социально-экономические проблемы развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [Монография]. — М.: ЦЭМИ РАН. —2022. —160 с.
2. Варшавский Л.Е. Моделирование взаимосвязанного развития смежных производств//Концепции. — 2023. — №1 (42). С. 35–44.
3. Оверби Х., Одестад Я.А. Цифровая экономика: как информационно-коммуникационные технологии влияют на рынки, бизнес и инновации. — М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2022. — 288 с.
4. Щука А.А. Наноэлектроника. — М.: Физматкнига. . — 2007. . — 464 с

### References in Cyrillics

5. Varshavskij L.E. 2022. Sotsial'no-ekonomicheskie problemy razvitiya informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologii (IKT) [Monografiya]. M.: TSEHMI RAN. – 160 s.
6. Varshavsky L.E. 2023. Modelirovanie vzaimosvyazannogo razvitiya smezhnykh proizvodstv//Kontseptsii,. — №1 (42). S. 35–44.
7. Overbi H., Odestad YA.A. Cifrovaya ekonomika: kak informacionno-kommunikacionnye tekhnologii vliyayut na rynki, biznes i innovacii.— M.: Izdatel'skij dom «Delo» RANHiGS, 2022. — 288 s.
8. SHCHuka A.A. Nanoelektronika. — M.: Fizmatkniga. . — 2007. . — 464 s.

### Ключевые слова

Ключевые слова: интегральные схемы, искусственный интеллект, гиперскейлеры, моделирование.

*Варшавский Леонид Евгеньевич – д.э.н., главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук" г. Москва, Россия.*

*E-mail: hodvar@yandex.ru*

***Leonid Varshavsky. Modeling the impact of artificial intelligence on the dynamics of indicators of hyperscale companies***

*Central Economics and Mathematics Institute, RAS, (CEMI RAS) Moscow, Russian Federation*

*E-mail: hodvar@yandex.ru*

### Keywords

Sustainable Development goals; harmonious development; economy of communications.

DOI: 10.34706/DE-2025-04-02

JEL classification: C02 – Математические методы; M15 Управление информационными технологиями.

### Abstract

The article discusses the main stages in the development of the element base of information and communication technologies (ICT). The role of the new products of leading microelectronic companies, as well as hyperscale companies in the development of the artificial intelligence (AI) market is being investigated. The economic and mathematical model of influence of generative AI propagation levels on economic indicators of hyperscalers is considered. Scenarios of hyperscalers development for different levels of use of generative AI are investigated.