

Полупроводники как главная технология современности: закон Мура и борьба за технологическое доминирование

Ермошкин Н.Н.

Ермошкин Николай Николаевич — к.э.н., преподаватель департамента мировой экономики НИУ ВШЭ, преподаватель кафедры международных отношений и дипломатии МосГУ.

Для цитирования: Ермошкин Н.Н. Полупроводники как главная технология современности: закон Мура и борьба за технологическое доминирование // Современная мировая экономика. 2025. Том 3. №1(9). EDN: QIFCUU

DOI: <https://doi.org/10.17323/2949-5776-2025-3-1-105-131>

Ключевые слова: Закон Мура, полупроводники, цифровые гиганты, кремниевый щит, технологическое противостояние.

Статья написана на основе одной из глав книги автора: Ермошкин Н.Н. Большая Цифра: как цифровизация и цифровые гиганты меняют мир, экономику и финансы, и как меняются сами. М.: Социум, 2025.

Аннотация

В статье системно обобщен опыт шести десятилетий развития полупроводниковых технологий с акцентом на борьбу за глобальное доминирование со стороны США. Представлено текущее состояние этого сегмента мировой экономики в его наиболее конкурентной части — цепочке создания стоимости чипов для искусственного интеллекта и мобильных устройств. Особое внимание уделяется теме конкуренции США и КНР в сфере производства микрочипов для искусственного интеллекта в контексте их геополитического противостояния, растущих ожиданий и раздутых биржевых капитализаций. Последовательно представлен анализ стратегий развития полупроводниковой отрасли в четырех ключевых юрисдикциях — США, Китае, Тайване и Европейском союзе. Статью завершает анализ нарастающих противоречий и попыток ключевых игроков закрепиться на самом перспективном рынке мире.

1. Введение

Под «*Большой Цифрой*» мы понимаем специфическую модель развития цифровых гигантов, которая делает экономику, социальную и геополитическую роль цифровых компаний столь отличной от большинства. Текущая «победа» цифровых гигантов в мировой экономике проявляется, в частности, в том, что биржевая капитализация компаний «*Большой Цифры*» затмила остальную производственную экономику. А к 2020-м гг. стало ясно, что американская «*Большая Цифра*» победила еще и своих конкурентов в Западной Европе благодаря более эффективной экономической и финансовой модели.

Нет гарантии, что наблюдаемые невиданные биржевые капитализации удержатся на нынешних высотах. Так, можно вспомнить лопнувший пузырь доткомов 2000–2001 гг., биржевую капитализацию Cisco Systems, достигшую полутриллиона долларов впервые в истории и затем упавшую в 5 раз, и так, по прошествии 25 лет, и не вернувшуюся к прежним высотам. Или серию банкротств компаний технологического сектора в 2001–2004 гг. Второе президентство Д. Трампа может быть так же подпорчено, как и первое, только теперь уже не самой большой за век пандемией, а самым большим за век финансовым кризисом, вызванным новым лопнувшим пузырем. Но гигантам цифровизации банкротство или утеря лидерства в той экономической и политической парадигме, в которой они работают сегодня, не грозит ни в каком сценарии.

Объективные закономерности — закон Мура¹ и закон Меткалфа² — работают на стороне «биржевого пузыря» капитализаций, на благо своих бенефициаров — сетевых и полупроводниковых гигантов.

Целью настоящей работы является актуальная оценка цепочки создания стоимости отрасли микропроцессоров в период стремительной переориентации отрасли на искусственный интеллект (ИИ), описание ключевых игроков, их стратегий и тех последствий, которые несет нынешняя «конфигурация» отрасли с точки зрения глобального экономического, финансового и политического доминирования США и КНР. Выход за рамки технологического описания отрасли позволяет охарактеризовать негативные тенденции и «встроенные по определению» в саму технологию механизмы, задействованные для обеспечения монопольного технологического доминирования, раздутых биржевых капитализаций и сверхприбылей в самых маржинальных и стратегически значимых сегментах рынка, в первую

¹ Закон Мура утверждает, что количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца. Закон Мура символизирует экспоненциальный характер научно-технологического прогресса в сфере вычислительных мощностей и шире — в сфере цифровой экономики в целом.

² Закон Меткалфа утверждает, что полезность для участников, ценность и, как следствие этого, рыночная стоимость любой сети пропорциональна квадрату числа подключенных к этой сети устройств или участников этой сети, а стоимость ее построения зависит от числа участников линейно. Эта закономерность работает для любых сетей, будь то телефонных, компьютерных, социальных или «неочевидных», таких как биткойн, поисковые машины или платформенное программное обеспечение. Именно закон Меткалфа обеспечил доминирование американских сетевых гигантов (Microsoft, Meta (признана в РФ экстремистской организацией и запрещена), Apple, Google, Amazon) начиная с 2000-х гг.

В 1965 г. в небольшой статье Г. Мур, один из основателей компании Intel, предсказал ежегодное удвоение числа транзисторов на кремниевой пластине [Moore 1965]. Это утверждение получило название Закона Мура. На деле с 1971 по 2001 г. удвоение транзисторов на чипе происходило раз в 1,96 года. Г. Мур сделал соответствующие поправки в другой статье в середине 1970-х годов [Moore 1975]. Далее развитие технологии продолжилось тем же темпом — прогноз Мура был на удивление точным и, как считается, будет актуальным еще целое десятилетие, пока размер отдельных транзисторов не опустится до нескольких атомов (см. рисунок 1 на с. 107).

Современный чип может содержать многие миллиарды транзисторов на площади размером с ноготь человека. Это позволяет современным компьютерным чипам обладать в миллионы раз большей производительностью и в тысячи раз большей скоростью, чем компьютерные чипы начала 1970-х гг. Высокая производительность обеспечивается за счет того, что компоненты микросхемы быстро переключаются и потребляют сравнительно мало энергии из-за их небольшого размера и близости друг к другу.

Обратно пропорционален числу транзисторов на чипе их размер, который измеряется в нанометрах (нм). Самый последний «техпроцесс» на конец 2024 г. — 3 нм, а в апреле 2025 г. был анонсирован уже «техпроцесс» в 2 нм [Vicinanza 2025]. При этом речь идет именно о маркетинговом термине, характеризующем новое поколение *процесса* производства и миниатюризации, а не о самом размере транзистора на чипе.

Один чип сегодня может стоить от менее одного цента (простейшие чипы для RFID-меток или для датчиков) до нескольких сотен или тысяч долларов (для сложной и малосерийной продукции). Для последних поколений айфонов оценочная цена центрального процессора — около 120 долл. [Mohammadi 2025].

Основным недостатком микросхем является высокая стоимость их проектирования и изготовления необходимых фотошаблонов. Она означает, что микросхемы коммерчески жизнеспособны только в том случае, если ожидаются высокие объемы производства однотипной микросхемы.

Процессоры производят путем фотолитографии. Лазер светит через трафарет, который называется маской, и процессор буквально выжигается на кремниевой подложке, на которую нанесена специальная эмульсия. Это очень похоже на проявку фотографии. Долгое время лазер использовал длину волны, соответствовавшую глубокому ультрафиолету, или DUV (Deep Ultra Violet), но около пяти лет назад произошел переход на экстремальную УФ-литографию (EUV, Extreme Ultra Violet).

Термины DUV и EUV на 2024 г. стали синонимом водораздела между двумя поколениями полупроводниковой технологии. Именно вокруг EUV сегодня сосредоточены основные вводимые США ограничения для КНР, хотя нельзя исключить, что очень скоро эти ограничения могут стать тотальными — и распространиться на технологии DUV.

В 1977 г. — первом, за который Ассоциация полупроводниковой промышленности опубликовала полные данные, объем мировых продаж полупроводников составил всего 3,8 млрд долл. К 1984 г. бизнес по производству чипов вырос в 6 раз и достиг годовой суммы в 24 млрд долл., и на долю американских фирм приходилось от

50 до 60% этой суммы. Только за III квартал 2024 г. мировые продажи микрочипов составили 166 млрд долл., а в сентябре 2024 г. побили месячный рекорд — 55 млрд долл. В 2024 г. продажи с большим запасом превысили 600 млрд долл. [EP&T 2024].

Закон Мура (и сулимые им выгоды для победителя технологической гонки) имеет почти магический статус в восприятии американской широкой публики и политических элит. Это своего рода фетиш технологических достижений современной Америки, символ и первопричина победы в холодной войне, аналог высадки на Луне в 1960-х гг.

Истории конкуренции в сфере полупроводников (точнее, американскому взгляду на нее) посвящена книга К. Миллера «Война чипов: борьба за самую важную в мире технологию» (2022)³. Автор сравнивает микрочипы с «новой нефтью» и начинает свое повествование с сильно преувеличенной роли этой технологии в отрыве США от СССР в военной области в 1980-е гг. и последовавшей затем победе США в холодной войне.

В массовой культуре отражением этого соперничества стал один из фильмов о Джеймсе Бонде — «Вид на убийство» (A View to a Kill, 1985), где события разворачиваются на фоне тогдашней технологической гонки США с СССР. А предвестником более поздних дискуссий о роли цифровых технологий стали фильмы о Терминаторе⁴, где по сюжету искусственный интеллект компании «Скайнет» вышел из-под контроля и уничтожил человечество. Так микрочипы эпохи холодной войны обернулись против их создателей.

Холодная война закончилась, и тема микрочипов временно перестала быть актуальной для массовой аудитории. Но по прошествии почти сорока лет гонка в области полупроводников вновь вышла на первый план мировой политики. Она стала, по сути, центральным элементом противостояния США теперь уже не с Россией, а с Китаем, а косвенно — еще и важным элементом напряженности вокруг Тайваня.

3. Цепочка создания стоимости полупроводников и основные игроки

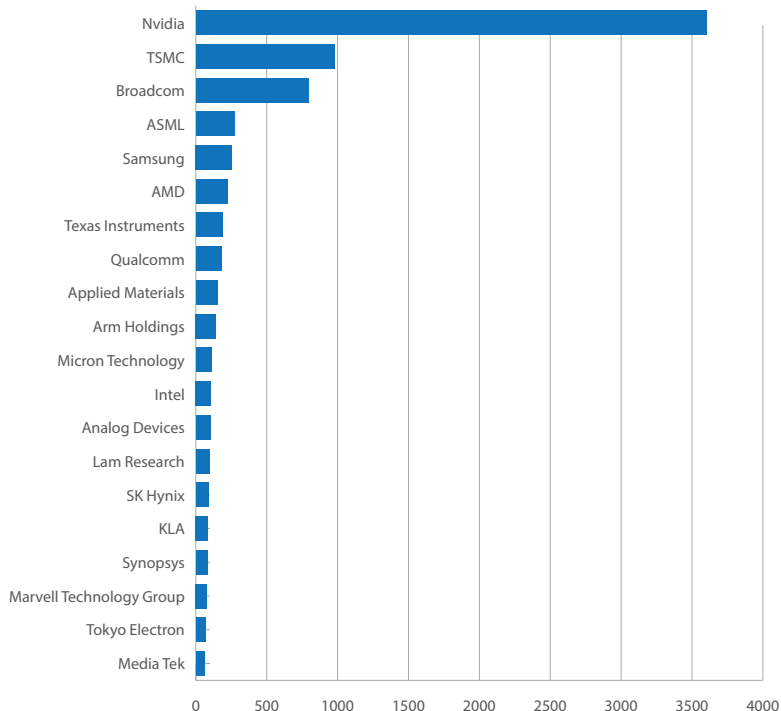
Рисунок 2 (с. 110) демонстрирует мировой табель о рангах полупроводниковой отрасли. При этом представленные в нем компании разбросаны на самых разных этапах создания стоимости. Таких этапов три:

1. «Дизайнеры» чипов — они же нередко и крупнейшие потребители продуктов собственной разработки в конечном товаре или услуге.
2. Создатели (интеграторы) оборудования для производства микрочипов.
3. Производители «физических» микрочипов (владельцы фабов (англ. Fab или Foundry — литейное производство) — заводов по производству процессоров на жаргоне этой индустрии).

³ Miller Ch. Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology. Scribner, 2022.

⁴ The Terminator (1984), Terminator 2: Judgment Day (1991), Terminator 3: Rise of the Machines (2003), Terminator: Salvation (2009) и т.д.

Рисунок 2. Рыночная капитализация крупнейших компаний полупроводниковой отрасли, млрд долл. США



Источник: Statista (дата обращения: 10.12.2024).

К первой группе относятся, среди прочего, Apple или Huawei. При этом на рисунке 2 эти две компании вообще не представлены — из-за того, что дизайн чипов для них является лишь промежуточным этапом создания стоимости, которая реализуется в готовом продукте. Nvidia же в списке есть, т.к. ее продукт — это упакованные микрочипы, которые затем интегрируются в финальный продукт уже другими игроками.

Главные производители оборудования для изготовления чипов — нидерландская компания ASML и еще остающиеся в гонке, но существенно отставшие японские компании Nikon и Canon. Эти две компании производят оборудование в целом аналогичное ASML, но работают в основном на гораздо менее прибыльном рынке цифровых камер. Переход на последнее поколение технологии чипов оказался для них слишком дорогостоящим из-за стремительного роста затрат на исследования и разработки.

Американские компании производят многие ключевые компоненты для этого оборудования, используемые в финальной сборке, в числе десятков поставщиков из самых разных стран мира. Программное обеспечение для разработки микрочипов тоже преимущественно американское. Финальный аппаратный комплекс формально поставляется ASML, но степень американского контроля над технологическим процессом достаточна, чтобы США могли полностью контролировать нидерландскую компанию с производственной точки зрения.

На третьем этапе цепочки, производстве физических микрочипов, самый заметный игрок — это крупнейший производитель самых современных логических процессоров тайваньская TSMC, а немного в его тени, для чипов памяти – южнокорейский Samsung.

В глобальной иерархии игроков этой отрасли по-прежнему заметное место занимает американский Intel, восходящий еще к праотцу индустрии микропроцессоров из 1950-х гг. компании Fairchild и сохранивший специфику компаний той генерации. Они соединяли в себе первый и третий этап цепочки создания стоимости, то есть осуществляли дизайн чипов и владели фабриками для их массового производства, чем очень гордились и считали это важным конкурентным преимуществом. Но, по состоянию на конец 2024 г., Intel серьезно отстала от конкурентов с точки зрения технологий и топологии продуктов. К концу 2024 г. компания пережила глубокий кризис, увольнение старожилы — неудачливого спасителя компании генерального директора П. Гелсингера и в два раза упавшую биржевую капитализацию.

Только на первом этапе цепочки создания стоимости безусловно доминируют игроки полностью из США, в числе которых Apple в потребительской электронике и Nvidia в специализированных чипах, оптимальных для работы ИИ, майнинга криптовалют и обработки видеосигнала (именно с этого компания начинала)⁵.

Nvidia Corporation — американская технологическая компания со штаб-квартирой в Санта-Кларе, Калифорния — была создана тремя инженерами в 1993 г., один из которых до сих пор возглавляет компанию. Ее специализация — разработка программного обеспечения, графические процессоры (GPU), интерфейсы прикладного программирования (API) для обработки данных и высокопроизводительных вычислений, а также системы на кристалле (SOC) для мобильных вычислений и автомобильного рынка. Nvidia также является ведущим поставщиком аппаратного и программного обеспечения для ИИ. Профессиональная линейка графических процессоров Nvidia используется для облачных вычислений, а также в суперкомпьютерах и рабочих станциях для приложений в таких областях, как архитектура, инженерия и строительство, медиа и развлечения, автомобилестроение, научные исследования и производственный дизайн. Линейка графических процессоров GeForce ориентирована на потребительский рынок и используется в таких приложениях, как видеомонтаж, 3D-рендеринг и компьютерные игры. С долей рынка в 92% (по состоянию на первый квартал 2025 г.⁶) Nvidia с большим отрывом лидирует на рынке дискретных графических процессоров для настольных компьютеров. Компания расширила свое присутствие в игровой индустрии и криптомайнинге (который при этом был ею признан «бесполезным для общества» [Hern 2023]).

⁵ Чтобы не усложнять изложение, оставим вне его рамок еще один важный сегмент рынка полупроводников — чипы памяти, где доминируют южнокорейские компании. Оставим пока за скобками и китайские компании.

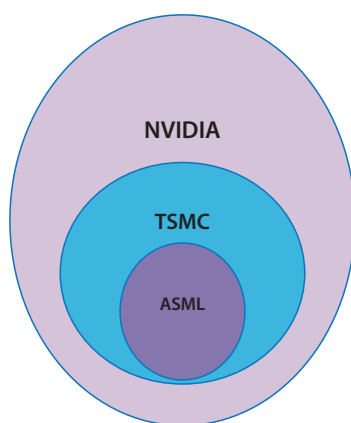
⁶ YahooFinance. Режим доступа: https://finance.yahoo.com/news/nvidia-secures-92-gpu-market-150444612.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLnNvbS88&guce_referrer_sig=AQAAANhbFhXrMzjpsROlqd8AfCLkUKkrCIYiqXbp-PteTQvoDmsd9nmJ2QPZ4rilkv4ptzBg6lFrPqJQnR5jZBWgT9Cxcbb9lJL0uNKSr3b-DtV88KU8hTpKSQAnC0g8lmp195aqOhsOvFjm_vsw6QD_fIKK8rJh33QsHtDjjdlLK-

В дополнение к разработке графических процессоров Nvidia позволяет создавать массовые параллельные программы, использующие графические процессоры. Они применяются на суперкомпьютерных площадках по всему миру. В первом квартале 2025 г. выручка Nvidia от продаж центрам обработки данных составила 39 млрд долл. США⁷. Это почти трехкратный рост по сравнению с 14,51 млрд долл., которые компания заработала в этом сегменте в третьем квартале 2023 финансового года, и почти десятикратный рост за два с половиной года. Беспрецедентно масштабированные закупки чипов именно у Nvidia связаны с гонкой за внедрение ИИ, в которую включились три гиганта бизнеса обработки данных — Amazon, Microsoft и Google⁸.

Технологии Nvidia внедряются для ускоренных вычислений и создания приложений искусственного интеллекта, в частности ChatGPT. Решения Nvidia используются для обучения и запуска различных крупных языковых моделей, в первую очередь OpenAI. Программа ChatGPT, которая генерирует человекоподобные ответы на запросы пользователей в течение нескольких секунд, была обучена с использованием десятков тысяч графических процессоров Nvidia, объединенных в суперкомпьютер с искусственным интеллектом, принадлежащий Microsoft.

Если считать мерилем успеха корпорации ее биржевую капитализацию, то визуально соотношение между тремя ключевыми компаниями в этой цепочке создания микрочипов (Nvidia, TSMC, ASML) выглядит, как «матрешка»: 3,9 трлн, 1,2 трлн, 316 млрд долл.⁹ (см. рисунок 3 на с. 112). Nvidia можно было бы заменить на Apple со схожей по размеру капитализацией. Для сравнения, размером чуть менее ASML будет круг, равный суммарной капитализации всего европейского автопрома (работающих на всех континентах компаний Mercedes-Benz, BMW, Volkswagen, Peugeot, Citroën, FIAT, Renault).

Рисунок 3. Соотношение биржевых ведущих капитализаций компаний, находящихся на трех этапах цепочки создания стоимости полупроводников



⁷ TrendSpider. Режим доступа: <https://trendspider.com/blog/nvidia-q1-2025-earnings/#:~:text=NVIDIA%20Q1%202025%20Financial%20Highlights,B%2C%20up%2042%25%20YoY>.

⁸ YahooFinance. NVIDIA Corporation (NVDA). Режим доступа: <https://finance.yahoo.com/quote/NVDA/>

⁹ Данные на 02.07.2025. Источник: Yahoo! Finance

4. Технологический переход и биржевой пузырь

Многие вполне справедливо считают рынок акций США беспрецедентно перегретым, котировки технологических компаний раздутыми и видят причину этого в накачке рынка акций кредитными деньгами. Пожалуй, лучше всего эту концепцию сформулировал французский экономист Ж. Рюэф (1896–1978): «Инфляция заключается в субсидировании расходов, которые не приносят никакой отдачи, деньгами, которые не существуют»¹⁰. Обозреватель влиятельной Financial Times Р. Шарма (и не он один) в декабре 2024 г. предсказывал неизбежное «схлопывание пузыря» на американском рынке акций [Sharma 2024].

При этом заметим, что сами компании-лидеры от схлопывания пузыря вряд ли существенно пострадают с операционной точки зрения и даже с точки зрения своего места в глобальной иерархии — свои первые места они почти гарантированно сохранят.

Наличие излишней денежной массы и закредитованность на всех уровнях являются одной из причин пузыря на рынке акций. Однако это само по себе не объясняет концентрацию пузыря именно в компаниях-бенефициарах прогресса в микропроцессорах («рантье закона Мура») и в сетевых компаниях («рантье закона Меткалфа»).

Отправной точкой процесса их «премиумизации» с одновременным ростом объемов производства и маржинальности микрочипов было начало 2020-х гг., когда рынок микрочипов стал быстро трансформироваться под решения для искусственного интеллекта. Оправдали себя сделанные в начале десятилетия прогнозы о взрывном росте производства именно специализированных под ИИ устройств.

Приведем лишь один из оправдывающих себя на сегодняшний день прогнозов — прогноз, сделанный в 2021 г. полупроводниковой компанией Applied Materials. Удвоение рынка до триллиона долл. в 2030 г. будут обеспечивать именно чипы для ИИ, в то время как чипы для мобильных устройств и традиционных использований в ПК и серверах будут стагнировать (см. рисунок 4 на с. 114).

Лежащая на поверхности причина гипертрофированного роста рынка и капитализаций — это раздутые ожидания от искусственного интеллекта. Но и она сама по себе не объясняет причины высоких прибылей лишь небольшой группы компаний в области производства микрочипов, при том, что прочие свою капитализацию могут и стремительно терять (как это происходит с Intel).

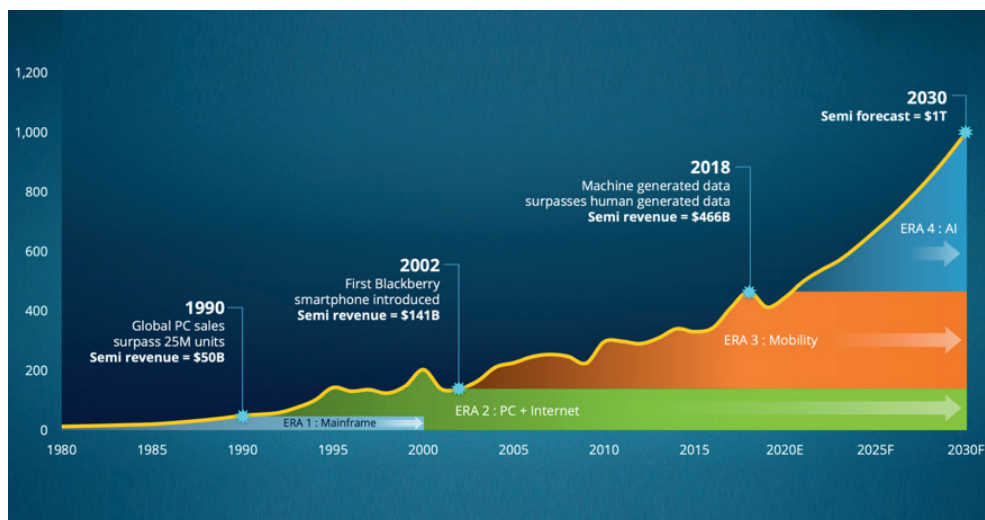
В первую очередь причину следует искать в привилегированном ценообразовании на продукцию лидеров, на некоторые самые востребованные и производительные микрочипы, и выше по цепочке — на станки по их производству.

Первая причина привилегированного положения — монопольное положение: именно квазимонополиями являются ASML — в производстве самого современного литографического оборудования, TSMC — в производстве самых современных чипов, Nvidia — в дизайне самых производительных чипов для ИИ, а Apple — в про-

¹⁰ Перевод цитаты по: Lehrman L.E. Jacques Rueff, the Age of Inflation, and the True Gold Standard (Address). Parliament of France. 1996. Nov. 7. Режим доступа: https://www.academia.edu/1108885/Jacques_Rueff_the_Age_of_Inflation_and_the_True_Gold_Standard

изготовлении конечных устройств, доминирующих на западных рынках в высшем ценовом сегменте.

Рисунок 4. Прогноз объема рынка полупроводников от 2021 г., млрд долл. США



Источник: Applied Materials Investor Day 2021 // <https://www.webull.com/news/40900415> (дата обращения: 17.03.2025)

Но, помимо фактора монопольного положения, закон Мура благодаря быстрой смене поколений чипов создает уникальные возможности «премиального ценообразования» для самого современного поколения продуктов. Рынок структурно формируется таким образом, что почти весь премиальный спрос (те самые «несуществующие» шальные деньги Рюэфа) сконцентрирован вокруг или массовых, но самых современных чипов («120 долл. за центральный процессор для айфона» или «чипы для искусственного интеллекта»), или малосерийных, но затратных в производстве микрочипов для специализированных задач (это специализация таких компаний, как Texas Instruments или Broadcom).

Поэтому и относительно небольшой в абсолютных масштабах верхний сегмент рынка, как прямое следствие быстрой смены поколений и топологий, и концентрирует такую биржевую капитализацию и долю рынка. В нижней же части рынка десятилетиями наслаиваются излишние производственные мощности в силу того, что оборудование предыдущих поколений не «вымывается» и себестоимость производства на нем огромных серий простеньких чипов стремится к нулю.

Определенную аналогию премиальному ценообразованию в ИТ можно найти на рынке предметов роскоши, за которые платят в разы дороже, чем за их полные и часто неотличимые копии. Люди покупают дорогие вещи, потому что могут себе это позволить или на свои, или на заемные деньги. Наличие огромной свободной ликвидности (следствие кредитно-денежной политики последних полутора десятилетий на Западе) — необходимое условие и прямой аналог пузыря технологий, где доступные деньги (особенно у наиболее обеспеченных потребителей

в странах Запада) обеспечивают массовый спрос на самое последнее и дорогое в сегменте ИИ.

Но товар становится люксовым, если у него «есть история» (например, его потребляла европейская буржуазия или аристократия в эпоху своего глобального доминирования); он оценочно более высокого качества или создан раскрученным дизайнером (одежда); он может быть перепродан без потерь, а то и дороже, чем изначально (швейцарские часы); предложение его ограничено, происходит постоянная ротация и «осовременивание» номенклатуры (дамские сумки), а для продажи используются только эксклюзивные каналы с сильно вовлеченным и мотивированным персоналом («бутики»).

Если внимательно присмотреться к тому, как организована торговля микрочипами и производными от них устройствами, то налицо формирование эксклюзивности (если не сказать — искусственного дефицита), гонки за уникальным, самым последним через эксклюзивные каналы с мотивированными продавцами. Это система, напоминающая систему ценообразования на рынке товаров роскоши, при постоянных обращениях к традиции, к «создателям — ученым — великим бизнесменам» и к «первым, легендарным потребителям».

Объективного ценообразования для формирования цены микрочипа последнего поколения и сделанного из него конечного устройства нет. Цена определяется подкрепленным деньгами спросом, а покупка по раздутой цене возможна благодаря накачке рынка деньгами, созданными в том числе за счет эмиссии американского доллара вследствие хронического дефицита внешнеторгового баланса США.

Из-за этого происходят огромный разрыв цены между более дешевыми и самыми дорогими микрочипами и разрыв капитализации между тремя-пятью верхними в списке компаниями с самыми передовыми продуктами и всем остальным рынком, которому достаются сегменты с уже устаревающими и массовыми продуктами, продающимися с большим дисконтом.

5. Инструменты контроля над рынком микропроцессоров со стороны США

США сохраняют прямой контроль над самыми прибыльными сегментами создания стоимости полупроводниковой отрасли, «финальным переделом», и некоторыми промежуточными технологиями, в первую очередь «узкими местами» цепочки создания стоимости — литографами на технологии EUV и технологическими работками TSMC.

При том что и нидерландская, и тайваньская компании (существенная часть акционеров которых — также американские фонды и физические лица) создали огромную ценность для своих акционеров и своих родных стран, суммарно они дают лишь одну треть от капитализации Nvidia, которая на конец 2024 г. показала самый высокий рост цены акции за промежутки в 20, 15, 10 и 5 последних лет среди всех ценных бумаг мира. Не забудем еще и Apple с капитализацией 3,7 млрд долл. на рубеже 2024–2025 гг., которая также является крупнейшим разработчиком и потребителем микрочипов в мире.

Зачем США продолжают контролировать все без исключения этапы создания стоимости этого рынка, вводя всевозможные ограничения для России (куда запрещен любой экспорт оборудования для производства и самих микрочипов) и Китая (куда пока можно экспортировать только предыдущее поколение оборудования и устаревшие микрочипы)?

Официально декларируемыми причинами являются, естественно, в случае России — военно-политический конфликт вокруг Украины, а в случае Китая — необходимость создать препятствия для китайских правоохранительных органов и производителей оборонной продукции, задача «защитить демократию».

На деле многое сводится к необходимости защитить американские компании в критической фазе перехода от более простой и прямолинейной работы с большими данными, где у Amazon, Alphabet и Microsoft сейчас уже 2/3 мирового рынка, к следующему, более рискованному и сложному этапу технологического развития. А именно к искусственному интеллекту, который подпитывается теми же большими данными и базируется на мощностях огромных центров обработки данных, суперкомпьютерах и на колоссальных инвестициях.

Большие данные и облачные технологии (Cloud) — это триллионные, но уже традиционные рынки. Это уже укоренившиеся термины и сценарии использования данных, успешные кейсы которых уже никому не надо доказывать. А в искусственном интеллекте успешные практики еще прорабатываются, и еще не до конца понятно, насколько убедительными они окажутся на фоне требующихся огромных инвестиций.

КНР смогла продемонстрировать возможность построения независимой от США платформенной экономики, создала собственных сетевых гигантов. Единственный из них, занявший важную нишу вне Китая, TikTok, также находится под постоянным давлением США, поскольку угрожает безраздельному доминированию американских цифровых гигантов. Не будучи ограничен в своих действиях, Китай способен привнести ненужную для США конкуренцию на рынок искусственного интеллекта, как это происходит с оборудованием связи, персональной электроникой, электромобилями и многими другими товарами.

Технологические гиганты вложили в ИИ в 2024 г. более 200 млрд долл., и руководители компаний предполагают, что этот инвестиционный всплеск продолжится в следующем году и может даже ускориться. Эти корпоративные программы расходов, по масштабам напоминающие космическую программу «Аполлон» и полеты на Луну полвека тому назад, сами по себе способствуют росту американской экономики [Bergen, Doan 2024]. Такого рода инвестиции, пока они находятся в высоко рискованной фазе (а текущий экономический эффект от ИИ не столь велик, тогда как инвестиции огромны), требуют дополнительной защиты, особенно от стран вне зоны американского контроля. Американские политики и лоббисты технологических компаний полагают, что без последнего поколения микрочипов китайские и российские разработчики ИИ безнадежно отстанут от американских лидеров больших языковых моделей. А у европейцев на ИИ может и не хватить денег, по крайней мере в американских масштабах, — об этом, в частности, прямо говорит в своем выступлении Седрик О, бывший французский

министр цифровизации и председатель правления крупнейшей в Европе компании по ИИ «Мистраль»¹¹.

Другая причина давления на Китай в сфере полупроводников — это жесткая конкуренция на рынке самых современных смартфонов, планшетов и ноутбуков между Apple и Huawei, также на волне перехода к устройствам со «встроенным» искусственным интеллектом. ИИ был обещан компанией Apple в новом поколении айфонов с конца 2024 г. Судя по тому ажиотажу, который возник в течение 2024 г. после «обнаружения» в устройствах китайского конкурента микрочипов с почти «той самой последней» топологией [Розанова 2024], тема «конкуренции на уровне топологии чипов» весьма болезненна для Apple. Наличие самого современного процессора является очень сильным маркетинговым преимуществом, которое хорошо «продает» новые поколения айфонов и приносит огромные прибыли.

Пока же искусственный интеллект от Apple, по мнению многих аналитиков на конец 2024 г., задерживается по сравнению с конкурентами, а продажи новых поколений устройств приходится стимулировать маркетинговыми заявлениями о все более тонкой, но мало чего пока дающей топологии чипов, и обещаниями скорого внедрения на них ИИ.

3,5 трлн и 3,7 трлн долл. биржевой капитализации только двух крупнейших полностью американских компаний на конец 2024 г. — это достаточный размер ставки для того, чтобы американское государство, помимо рыночных и конкурентных механизмов, подключило еще и административно-запретительные. Эта мотивация важнее, чем использование чипов в гонке вооружений. Последняя тоже имеет значение. Очевидно, что те же новейшие боевые самолеты лучше снабжать самой современной электроникой на базе новейших процессоров (и одновременно не давать ее потенциальному противнику), но из-за продолжительного срока эксплуатации самолетов фактор новизны процессора не имеет такого критически важного значения. Пожалуй, впервые в истории гражданский рынок требует большей новизны и большей защиты, чем военный.

Основными инструментами нивелирования угрозы со стороны китайских компаний, используемыми США, являются прямые запреты со стороны исполнительных и законодательных властей, контроль над несколькими ключевыми технологиями, используемыми в процессе производства процессоров, доминирование на основных рынках сбыта самых последних и самых маржинальных продуктов (через «платформы» и их сетевой эффект, демпинг, превентивное наращивание мощностей), а также контроль над капиталом компаний и их советами директоров. И это помимо угроз уголовного преследования (как это было с дочерью основателя Huawei, задержанной в Канаде¹²).

Запреты на экспорт в Китай передовых чипов начались при администрации Дж. Байдена, будучи обоснованы тем, что доступ Пекина к самым передовым чипам в мире представляет угрозу национальной безопасности США. Официальные лица США также утверждают, что Китай может использовать передовые чипы

¹¹ Global AI Leaders Series 2. AI Pioneers: How Europe Is Driving Innovation & Regulation. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=m4wUHAjjgLI>

¹² Об этом см., например: The Meng Wanzhou Huawei saga: A timeline // CBS News. 2021. Sept. 25.

для создания новых систем вооружения, проведения дезинформационных атак и слежки за гражданами.

В 2023 г. были введены ограничения на продажу в Китай ускорителей вычислений Nvidia H800 и A800 — это удар по китайским разработкам в сфере HBM-памяти. HBM — это особый тип быстрой памяти, используемой в современных высокопроизводительных устройствах — видеокартах, ИИ-ускорителях, data processing unit (DPU) — специальных процессорах для обработки данных. За счет того, что HBM-память расположена на одной подложке с чипом GPU (graphics processing unit, графический процессор), она обеспечивает огромную скорость передачи данных. Такая архитектура, с ее встроенной в GPU памятью, идеально подходит для высокопроизводительных устройств, таких как мощные видеокарты, ИИ-ускорители и суперкомпьютеры, нуждающиеся в огромных вычислительных возможностях [Денисенко 2024].

В Reuters заметили, что китайские компании готовятся наладить выпуск HBM2E (третий стандарт семейства продуктов HBM) собственными силами [Yang, Potkin, Freifeld 2024]. Хотя китайские производители заранее закупили необходимое оборудование, пока прогресса в этой сфере не наблюдается.

На настоящий момент в США действует также запрет на экспорт в КНР любого оборудования, использующего технологию EUV, необходимую для последнего поколения чипов. «Специальный комитет Палаты представителей США по стратегической конкуренции между Соединенными Штатами и Коммунистической партией Китая», который преследует многочисленные американские компании за их связи с Китаем, направил в конце 2024 г. письма нескольким фирмам, производящим полупроводниковое оборудование, в которых выразил обеспокоенность по поводу продаж технологий в Китай и запросил подробную информацию об объемах продаж компаний и их ведущих клиентах [Swanson 2024].

Данные запреты вызвали споры среди законодателей, чиновников администрации и руководителей компаний о том, насколько сильно США должны сдерживать свою собственную промышленность. Так, руководители американских технологических компаний KLA, Applied Materials и Lam Research обосновывали законодателям и чиновникам администрации Дж. Байдена, что более жесткие правила для американских компаний, чем для их нидерландских или японских конкурентов, будут препятствовать технологическому лидерству США и в то же время будут неэффективны для сдерживания Китая в долгосрочной перспективе [Swanson 2024]. Тем не менее, администрация Дж. Байдена перед своим уходом ввела экспортные ограничения против еще 200 китайских производителей чипов. Согласно новым правилам, большинству американских поставщиков будет запрещено торговать с компаниями из этого списка.

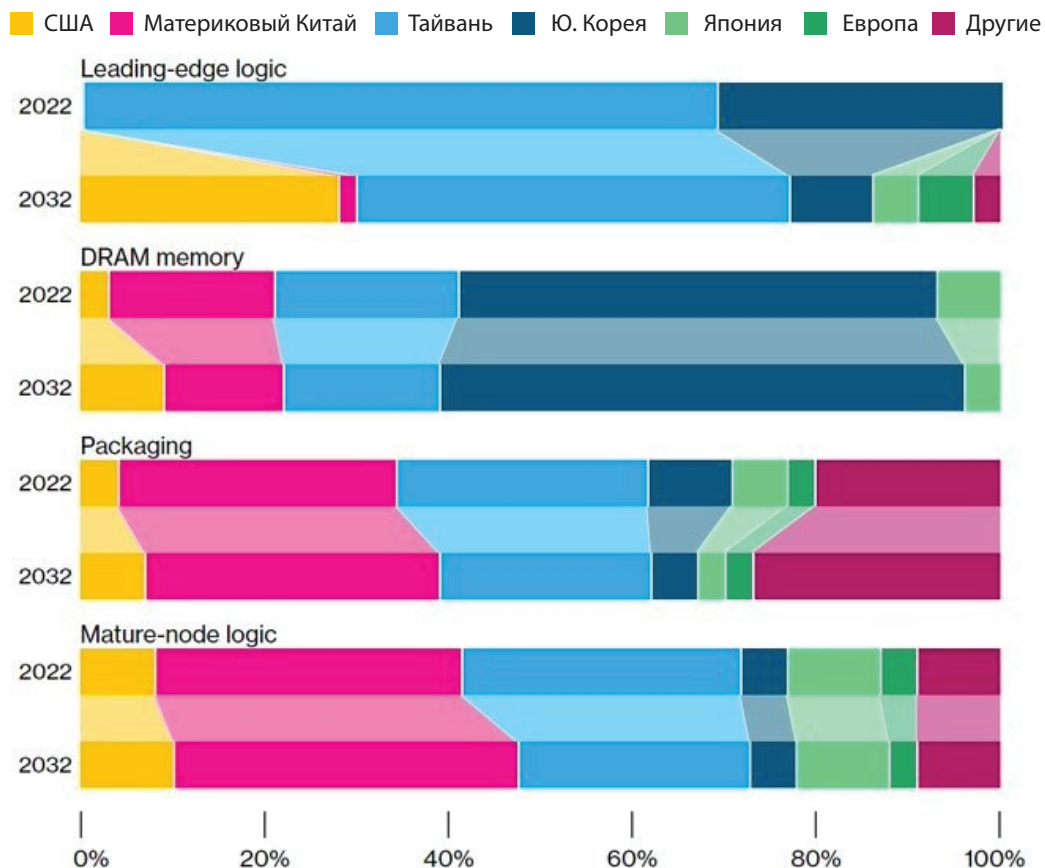
Администрация Д. Трампа продолжила курс на введение ограничений на полупроводниковую отрасль КНР, а одновременно поставила задачу на привлечение в США производственных мощностей этой отрасли.

На 2022 г. общая доля американских компаний в основном сегменте рынка полупроводников составляла около 10% (см. рисунок 5 на с. 119)¹³. А самых передовых

¹³ См., например, пост Эрика Бринолфссона, авторитетного специалиста в сфере: x.com/erikbryn/status/1823428609304047624 (дата обращения: 11.06.2025).

чипов американские компании и вовсе не производили. Благодаря Закону о чипах и науке администрации Дж. Байдена предполагается возвращение США на рынок самых передовых микропроцессоров к 2030 г., а также рост американской доли мирового рынка до 14% с более вероятных 8% без соответствующих мер.

Рисунок 5. Доля США в производстве полупроводников



Источник: Bloomberg. По данным Semiconductor Industry Association, Boston Consulting Group.

Закон о чипах и науке (CHIPS and Science Act), или Закон о создании полезных стимулов для производства полупроводников для Америки (Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America Act) был принят Конгрессом и подписан Дж. Байденом 9 августа 2022 г. [US Congress 2022]. Он предусматривает предоставление субсидий и налоговых льгот производителям микросхем, работающим в США, на общую сумму 52,7 млрд долл. Министерству торговли предоставлено право выделять средства в зависимости от готовности компаний поддерживать исследования, строить объекты и обучать новых работников. При этом компаниям запрещено поставлять передовые чипы в Китай и Россию, если они получают субсидии в соответствии с законом.

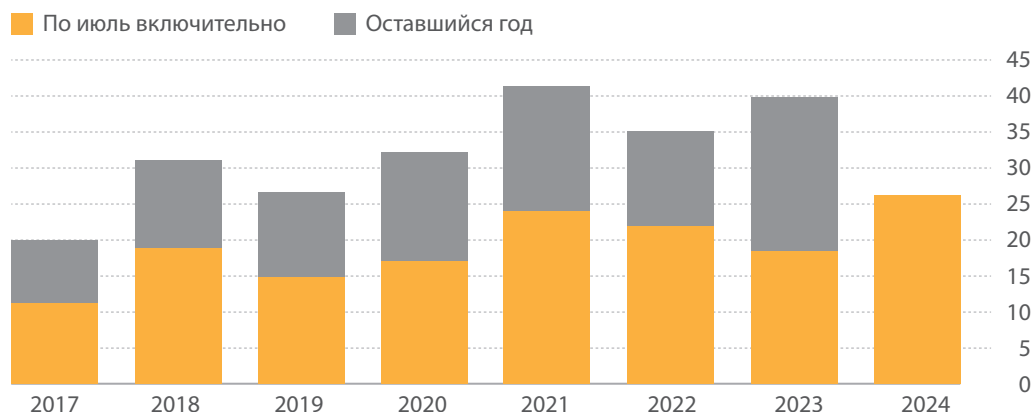
В итоге на стимулы закона отреагировали шесть компаний, объявив о планах строительства двадцати фабов, некоторые из которых стоили до 20 млрд долл. В числе этих компаний и TSMC, а также Samsung, Intel и другие. То есть 52 млрд, заложенные в CHIPS Act, — это лишь государственная часть расходов, остальные ложатся на инвесторов. Только TSMC на март 2025 г. объявила о более 100-миллиардных дополнительных вложениях в США — уже при администрации Д. Трампа [Shepardson, Holland 2025].

6. Ответ КНР на действия США

Ответ Китая на ограничительные действия со стороны США — это сложная много-ступенчатая стратегия, в которой можно увидеть несколько параллельных и взаимодополняющих методов. Налицо почти все элементы традиционного китайского стратегического мышления¹⁴.

Во-первых, выиграть время. КНР, пока остается это окно возможностей, активно скупает оборудование для производства микросхем (см. рисунок 6 на с. 120) и переманивает на работу тайваньцев из TSMC на материковый Китай. С определенной паникой на Западе было воспринято некоторое замедление заказов на оборудование для КНР в самом конце 2024 г. и негативный прогноз ряда аналитиков на 2025 г.: то ли Китай «пресытился», то ли у него появилась собственная технология фотолитографии? [Pan, Goh 2025].

Рисунок 6. Китайский импорт полупроводниковых технологий, млрд долл. США



Источник: Bloomberg // <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-08-22/chinese-imports-of-chip-gear-hit-record-26-billion-this-year> (дата обращения: 12.12.2024).

¹⁴ См., например, фильм Inside China's Accelerating Bid for Chip Supremacy. В фильме детально изложена американская точка зрения на развитие полупроводниковой отрасли КНР. Ссылка: <https://youtu.be/SUfjtKtkS2U?feature=shared>

Во-вторых, Китай стремится сохранить крупные, выигрышные для КНР сферы сотрудничества там, где это возможно благодаря его сильным позициям — в частности там, где Китай выступает в качестве огромного рынка для американских компаний, или там, где он обладает особыми, незаменимыми компетенциями или масштабами производства. Примером может быть сотрудничество Китая с И. Маском в производстве Tesla — продажи Tesla в КНР стремятся к годовому объему в миллион штук. Есть производства, на которые, кроме Китая, никто более не способен и отказ от поставок которых из Китая разрушителен для самих США. Например, сборка айфонов и прочего технологического оборудования на заводах Foxconn в КНР. Apple максимально разнес по разным странам цепочку производства своих гаджетов, но Китай остается пока незаменимым для самого сложного оборудования и его финальной сборки. Уже начатый компанией перенос производства, например в Индию, означает новые риски для качества. В условиях жесточайшей конкуренции с теми же китайскими и корейскими производителями Apple такой риск для качества своей продукции вряд ли полностью примет в короткой перспективе.

В-третьих, Китай стремится «внести раскол» в лагерь неприятеля, вычленив более слабые или более зависимые от КНР звенья. КНР удалось (правда, очень ограниченно) использовать довольно скромные лоббистские ресурсы производителей оборудования для микрочипов, чтобы оттянуть неизбежное — полный запрет на импорт.

В-четвертых, приходится «уворачиваться от ударов», изыскивая паллиативные решения. Например, многие американские компании вывели часть своей продукции из-под удара антикитайских санкций, создав специальные «несанкционные» линейки товаров для КНР или производя некоторые товары для Китая за пределами США.

В-пятых, есть возможность наносить болезненные ответные удары там, где КНР может себе это позволить, с целью создать поле для переговоров. В конце 2024 г. КНР ввела ограничения на экспорт в США ряда редкоземельных металлов. А в декабре 2024 г. в Китае началось антимонопольное расследование против Nvidia, связанное с нарушением взятого в рамках поглощения израильской компании обязательства по поставкам в Китай определенной технологии.

В-шестых — и это главное — Китай пытается выстроить свой собственный, независимый от США технологический контур, чтобы полностью устранить риски и построить внутри Китая те же механизмы получения сверхприбыли, которые сработали для американской «Большой Цифры». По сути, повторив в технологиях микрочипов тот успех, который имела в КНР собственная «платформенная экономика», но с теми же рисками, главный из которых — ориентация сугубо на внутренний рынок. Или же, что более убедительно, повторить историю успеха в производстве электромобилей, изначально нацеленную на рынок международный.

Еще в 2020 г. правительство КНР заложило бюджет 155 млрд долл. на поддержку полупроводниковой отрасли в ближайшие десять лет. КНР, судя по всему, работает одновременно над созданием собственного аналога голландской ASML и над развитием технологий, которые позволяют достичь результатов EUV на оборудовании DUV. Больших успехов в производстве микрочипов достигла китайская компания

SMIC. Ее доля мирового рынка в долларовом измерении невелика – всего 6% (см. таблицу 1 на с. 123), но надо понимать, что доля TSMC «раздута» из-за дороговизны ее последних продуктов. Китайского же разработчика микрочипов для ИИ, Cambricon Tech, часто сравнивают с Nvidia. Huawei в начале 2025 г. добился больших успехов в производительности своих микрочипов для искусственного интеллекта, буквально «наступая на пятки» Nvidia. С точки зрения темпов роста курса акций он смог даже превзойти и своего американского конкурента за последний год. Компания Shanghai Micro Electronics Equipment (SMEE) недавно подала заявку на патент, охватывающий машину для литографии EUV [Shilov 2024].

В-седьмых, Китай использует «словесные интервенции». Так, официальный представитель МИД КНР Ван Ваньбинь заявил, что «Закон о чипах приведет к нарушениям в глобальных цепочках поставок полупроводников и вызовет беспорядок в международной торговле» [ТАСС 2022].

Китайский центр международных экономических обменов, напротив, «выразил благодарность» США за введенные санкции. Эксперты центра отметили, что до введения санкций Китай ежегодно импортировал микрочипов на сумму 400 млрд долл., и, если бы цепочки поставок оставались неизменными, ничего бы не поменялось. Однако в результате санкций и ограничений Китай был вынужден наращивать собственное производство. Сейчас Китай сам экспортирует микрочипы на 70 млрд долл. в 2023 г., на 85 млрд – в первой половине 2024 г., и, по прогнозам, к концу этого года выручка страны достигнет 140 млрд долл. Сегодня микросхемы становятся «главным товаром» в экспорте КНР: «Мы особенно благодарны некоторым американским политикам. Если бы не было такого злонамеренного подавления со стороны Соединенных Штатов, изначально существовавшие глобальные производственно-сбытовые цепочки могли бы нормально функционировать по прежней схеме. Невзирая на высокую цену американских микросхем, Китай продолжил бы их покупать. Мы и думать не могли о собственном производстве, поскольку считали, что это потребует больших усилий. Однако Соединенные Штаты стимулировали амбиции китайского народа» [IXBT.com 2024].

С 2004 г. Китай уверенно лидирует в мире по объемам экспорта офисного и телекоммуникационного оборудования. Сектор средств связи и телекоммуникаций – один из самых больших и наиболее динамично развивающихся на китайском рынке электронной техники. Большая часть китайского импорта микрочипов идет не на внутренние потребности, а на дальнейший реэкспорт готовой продукции, где добавленная стоимость для КНР – это сборочные производства и производство «гарнитуры» на месте.

Особенно высокие темпы прироста продаж наблюдаются для мобильных систем связи. Самая успешная компания Китая в этой сфере – Huawei – также находится под санкциями США. Накал давления на нее относительно уменьшился в последние годы. Это можно связать с тем, что санкционное давление со стороны США сегодня приоритетно нацелено на социальные сети (TikTok) и производство микрочипов (с акцентом на «узкие места» в их глобальных цепочках создания стоимости), а таможенные барьеры вводятся для электромобилей. Телекоммуникационное оборудование отошло в этих условиях на второй план.

7. «Кремниевый щит» Тайваня и TSMC

Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) — основанная в 1987 г. тайваньская компания, занимающаяся производством полупроводниковых изделий.

Ее доля в мировом производстве полупроводников превышает 60% (см. таблицу 1 на с. 123), а рыночная капитализация на конец 2024 г. немного не доходила до 1 трлн долл. Хотя правительство Тайваня является крупнейшим индивидуальным акционером, большинство акций TSMC принадлежит иностранным инвесторам. На долю TSMC приходится около 30% основного индекса Тайваньской фондовой биржи¹⁵. Можно увидеть в этом прямую аналогию с положением Nokia в экономике Финляндии в середине 2000-х гг.

Таблица 1. Рыночная доля компаний-производителей полупроводников в 2023–2024 гг., %

Компания-производитель	Q1 2023	Q2 2023	Q3 2023	Q4 2023	Q1 2024	Q2 2024	Q3 2024
TSMC	61	58	59	61	62	62	64
Samsung Foundry	11	12	13	14	13	13	12
UMC	6	7	6	6	6	5	5
SMIC	5	6	6	5	6	6	6
GlobalFoundries	7	7	6	6	5	5	5
Другие	10	11	10	9	9	9	8

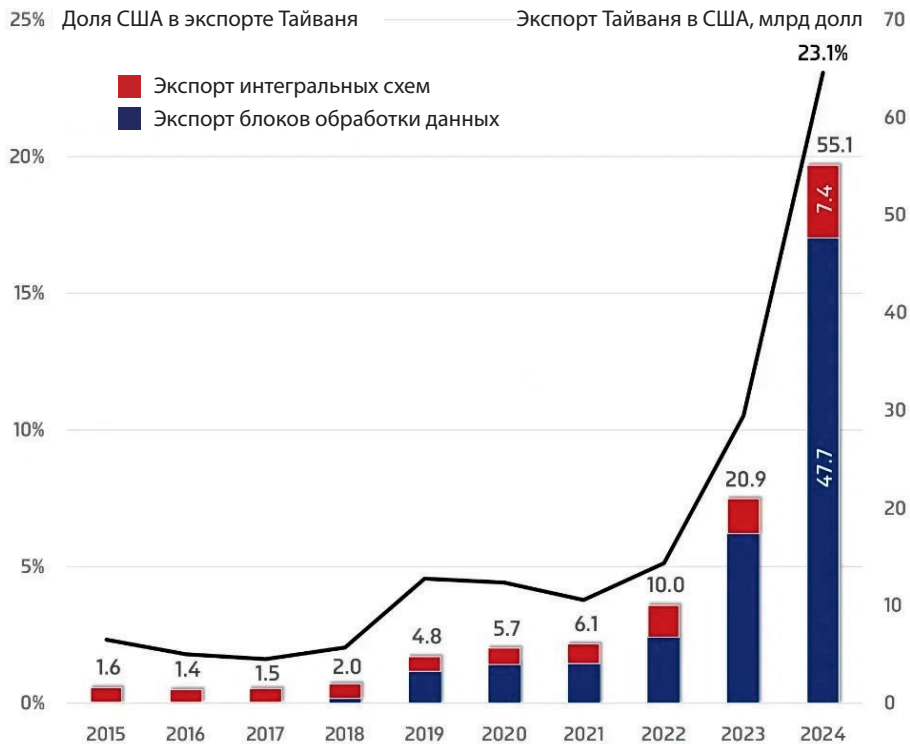
Источник: <https://www.counterpointresearch.com/insights/global-semiconductor-foundry-market-share/> (дата обращения: 15.12.2024)

В 2022 г. тайваньский экспорт интегральных схем составил 184 млрд долл., что составило почти 25% ВВП Тайваня, а доля Тайваня в производстве самых технологичных чипов достигла 70% [Statista 2024]. Неслучайны (но неясно, насколько реалистичны) поэтому планы всех других стран, включившихся в эту гонку, – сместить Тайвань с его пьедестала к 2030 г. В 2024 г. тайваньский экспорт в США микрочипов и блоков обработки данных сделал невиданный, почти троекратный скачок — до 55 млрд долл. Связано это с массовыми закупками систем для искусственного интеллекта и хранения данных. Это делает Тайвань одновременно и все более «незаменимым» для США, и диктует еще большую срочность мер по переносу этих производств на американскую территорию (см. рисунок 7 на с. 124).

TSMC разработала большое количество перспективных технологий, производственных процессов, средств проектирования и стандартных архитектур. Она стала пионером производства микрочипов «под заказ», в отличие от традиционных вертикально-интегрированных производителей (главным примером которых выступает Intel). Это позволяло клиентам компании быстро запускать производство конечной продукции, не тратя время и усилия на строительство и управление собственными фабриками, тем более в условиях нередко непредсказуемого спроса на будущие линейки продуктов.

¹⁵ См., например, сайт компании: www.tsmc.com

Рисунок 7. Импорт полупроводников из Тайваня в США в 2015–2024 гг.



Источник: Ecomovis, по данным таможи Тайваня (дата обращения: 17.03.2025).

В 2020 г. TSMC объявила о планируемом открытии фабрики в Финиксе, штат Аризона. Предполагалось, что она заработает в полную силу только в 2024 г., когда 5-нм технологический процесс, по прогнозам, будет заменен 3-нм технологическим процессом TSMC в качестве новейшей технологии [Yifan Yu, Cheng Ting-Fang, Laily Li 2022]. На момент запуска это должен был быть самый современный завод в Соединенных Штатах.

В декабре 2022 г. TSMC объявила о своих планах утроить инвестиции в заводы в Аризоне в ответ на растущую напряженность в отношениях между США и КНР и сбои в цепочке поставок, которые привели к нехватке чипов, а в марте 2025 г. речь шла уже о дополнительных 100 млрд долл. инвестиций в США — добавленных уже при администрации Д. Трампа. По сути, это «возврат» в США долларов, потраченных американскими гигантами на закупки в Тайване микрочипов, несмотря на все те проблемы, с которыми компания столкнулась в США.

Однако очень быстро TSMC заявила, что столкнулась с серьезными финансовыми проблемами, поскольку стоимость фабрики в США в 4–5 раз превышает стоимость аналогичного завода на Тайване (из-за более высоких затрат на рабочую силу, бюрократическую волокиту и обучение персонала), есть также трудности с поиском квалифицированного персонала (для этого компания наняла американских работников и отправила их на обучение на Тайвань на 12–18 месяцев [Yifan Yu,

Cheng Ting-Fang, Lauly Li 2022]). Эти дополнительные производственные затраты увеличат стоимость чипов TSMC, произведенных в США, как минимум на 50% по сравнению со стоимостью чипов, произведенных на Тайване. В июле 2023 г. TSMC предупредила, что в США недостаточно квалифицированных специалистов, поэтому необходимо будет привлечь тайваньских работников в течение ограниченного времени, и что завод по производству чипов начнет функционировать только в 2025 г. [Shilov 2023]. В сентябре 2023 г. появилась информация, что чипы все равно нужно будет отправить обратно на Тайвань для упаковки [Zuhair 2025]. В январе 2024 г. председатель правления TSMC Марк Лю снова предупредил, что в Аризоне не хватает работников со специализированными навыками и что второй завод TSMC в Аризоне, вероятно, не начнет массовое производство современных чипов до 2027 или 2028 гг. [Toh 2024]. В апреле 2024 г. Министерство торговли США согласилось предоставить TSMC прямое финансирование в размере 6,6 млрд долл. и займы в размере до 5 млрд долл. на цели создания производственных мощностей по производству полупроводников в Аризоне. Эта мера подпадает под действие Закона о чипах и науке и направлена на стимулирование внутреннего производства чипов в США [Park 2024].

В нескольких абзацах выше, по сути, кратко изложены те причины, по которым США не смогли удержать глобальное лидерство в массовом производстве самых передовых микрочипов в последнее десятилетие: отсутствие персонала с должной квалификацией и навыками, дороговизна и бюрократия. Вероятно, в этом же и корень текущих проблем Intel. Тайванский вариант инженерно-производственной культуры оказался более передовым.

Ожидается, что в 2024 г. на Тайвань будет приходиться 70% доходов на мировом рынке полупроводников, а большая часть этих доходов будет приходиться на TSMC. На Тайване также находится United Microelectronics Corporation (UMC), еще одно крупное мировое производство полупроводников. Еще около 11% мирового рынка по стоимости придется на Южную Корею, 8% — на КНР, 11% — на остальной мир [Statista 2024].

Производство полупроводников плотно интегрировано не только в экономическую, но и во внешне- и военно-политическую стратегию Тайваня. Концепция «кремниевого щита» предполагает, что роль Тайваня в глобальной цепочке поставок полупроводников будет служить сдерживающим фактором против Китая. Если производство чипов на Тайване будет прервано, мировая экономика столкнется с катастрофическими последствиями. Такой сбой вынудит международные державы, в частности Соединенные Штаты, вмешаться, чтобы защитить эти жизненно важные производства [Wu Jieh-min 2024].

Многие на Тайване задают себе вопрос: не приведет ли открытие заводов в США к потере интереса к Тайваню со стороны США и не усилит ли это позицию КНР в отношении интеграции Тайваня? Это также может объяснить некоторую неторопливость TSMC с запуском американских фабрик и ее постоянные жалобы на преследующие компанию в США неблагоприятные «обстоятельства», а также возможные ограничения со стороны властей Тайваня на перенос самых чувствительных технологий и этапов производства в США.

8. Европейский союз и ASML

Европейский союз поставил цель к 2030 г. изготавливать не менее 20% производимых в мире полупроводников в стоимостном выражении [European Commission 2021]. Выручка от продажи полупроводников в Европе ниже, чем в других регионах [Clarke 2025]. Безусловно, у этого континента есть некоторые важные преимущества. Примером может служить производство чипов для автомобильной промышленности, на котором специализируются такие фирмы, как NXP Semiconductors (Нидерланды) и Infineon (Германия). Тем не менее, представляется, что шансов у Европы занять 20% мирового рынка почти нет. В том числе и из-за кризиса в европейском автопроме и автомобильной электронике (примером может быть немецкий Continental [Continental 2025]). В списке крупнейших компаний полупроводников европейцев сегодня не осталось.

Но одна уникально сильная позиция сохранилась. ASML — нидерландская компания, крупнейший производитель литографического оборудования для микроэлектронной промышленности, необходимого в том числе для изготовления интегральных микросхем, микросхем памяти, флеш-памяти и микропроцессоров¹⁶.

Компания, изначально называвшаяся ASM Lithography, была основана в 1984 г. как совместное предприятие компаний Advanced Semiconductor Materials International (ASMI) и Philips. Впоследствии у Philips осталась только небольшая часть акций ASML. Компания по состоянию на конец 2024 г. имеет рыночную капитализацию в около 250 млрд долл.

Цена одного нового аппарата последнего поколения, работающего на технологии EUV, — несколько сотен миллионов долларов. 98% когда-либо выпущенного с 1988 г. компанией оборудования до сих пор работает¹⁷, со временем постепенно смещаясь к изготовлению более бюджетных вариантов чипов (тех, что продаются менее чем за 10 центов). Это уникально медленная амортизация для производственного оборудования; она также означает, что мощности по производству микрочипов на глобальном уровне постепенно накапливаются; новое оборудование не заменяет старое, а добавляется к нему; стоимость основного капитала для амортизированных старых линий близка к нулю после нескольких десятилетий работы, а сырьем выступает дешевый песок.

Согласно оценкам Международной ассоциации полупроводниковой промышленности (SEMI), мировые продажи оборудования в 2024 г. увеличились до 117 млрд долл. [SEMI 2025]. Во многом это обусловлено ускоренными закупками со стороны КНР (50 млрд долларов) и в целом «гонкой за мощностями» уже на мировом уровне между строителями фабов во всех концах света.

Хотя ASML, без сомнения, компания «цифровой когорты», она стоит несколько особняком из-за того, что использует многие традиционные технологии — то, в чем Европа по-прежнему сильна. Это, например, сверхгладкие зеркала от Zeiss или стек-

¹⁶ How ASML, TSMC and Intel Dominate the Chip Market. CNBC Marathon - YouTube. Режим доступа: <https://youtu.be/2kJDTzFtUr4?feature=shared>

¹⁷ Там же.

ло Berliner Glass. В этих технологиях и есть то узкое технологическое звено, которое позволяет, с одной стороны, говорить о контроле США над этим производством в глобальном масштабе, а с другой — об определенном «негативном контроле» со стороны ЕС: отказ в доступе к ключевым немецким и нидерландским технологиям способен парализовать изготовление фотолитографических станков на этом квазимонопольном предприятии.

Европейский союз потерял за последние десятилетия ту небольшую горстку лидеров цифровой гонки, которыми когда-то мог гордиться (Bull, Olivetti, Alcatel могут быть тому примерами). Крупнейший франко-итальянский производитель микрочипов — STMicroelectronics — потерял за последний год, вслед за Intel, половину капитализации и стоит на бирже всего около 20 млрд долл. (менее четверти от Intel) не входя даже в топ-20 мирового рейтинга (см. рисунок 2 на с. 110). Инициированные иностранцами европейские проекты тоже под вопросом. Один из них — 10-миллиардный завод Intel в Германии — был свернут, так и не начавшись, из-за проблем самого Intel.

Скорее всего, в ЕС не осталось компаний в области производства микрочипов, способных когда-либо догнать американские, тайваньские, корейские и китайские. Об этом говорят и свежие данные по страновым закупкам оборудования для производства микрочипов: в 2024 г. Европа его закупила в 10 раз меньше КНР и почти в 3 раза меньше США и Канады [SEMI 2025].

При этом нельзя сказать, что весь Евросоюз — однозначно жертва американского доминирования в полупроводниковой отрасли. Так, маленькая Ирландия, благодаря одновременно своему офшорному статусу, культурной близости к США и членству в ЕС, смогла по большинству показателей экономического и социального развития превзойти свою бывшую метрополию — Великобританию. В ней нашли удобную локацию и казначейства «Большой Цифры» с сотнями миллиардов размещенных офшорных прибылей, и офисы продаж американских гигантов, и даже крупные фабры по производству микрочипов.

9. Заключение

Производство интегральных микросхем стало одной из ключевых технологий, менявших мировую экономику и технологический уклад на протяжении как минимум последних полувека. Ее прогресс был зачастую не виден, «растворялся» в общем потоке цифровизации, бурного развития технологий связи, программного обеспечения, социальных сетей, пока к середине 2020-х гг. она вновь не оказалась на первом плане в связи с появлением технологий искусственного интеллекта, беспрецедентным ростом биржевых капитализаций в этом сегменте и резким обострением конкуренции между США и КНР в этой области.

Биржевой рост создал невиданных гигантов и целый класс влиятельных игроков, почти исключительно американских или контролируемых США и получивших неслыханный доселе прирост богатства. Их позиции пока выглядят исключительно сильными вне зависимости от того, лопнет или нет пузырь раздутых капитализаций.

Основные инвестиции — в основные фонды, оборудование центров обработки данных и ИИ — делаются пусть и в масштабах мирового рынка, но в основном американскими игроками. Когда на кону триллионы долларов биржевых «достижений» узкого круга американских компаний, защита их технологического доминирования становится ключевым геополитическим фактором. США, несмотря на «делегирующее» ряда технологических компетенций иностранным игрокам (в значительной степени вынужденное и, возможно, временное в связи с отсутствием собственных точечных ресурсов в некоторых сферах), продолжают контролировать в одностороннем порядке всю цепочку создания стоимости. Здесь нет никакой многополярности — этот мир, мир закона Мура, остается пока однополярным. Цель США — сохранить глобальное доминирование через монополизацию ограниченного ресурса и контроля за «узкими местами» цепочки создания стоимости там, где есть всего 1–2 игрока под прямым или непрямым контролем США. Такой контроль в области искусственного интеллекта, где уже десятки достаточно сопоставимых по показателям больших языковых моделей, сегодня более проблематичен. И для США проще попытаться лишить конкурентов элементной базы для построения собственного эффективного искусственного интеллекта.

США пытается противостоять Китаю, но он пока ограничен своим внутренним «периметром», как и в области социальных сетей и платформ. Его достижения носят пока догоняющий, точечный и промежуточный характер, но, вероятно, все еще впереди. КНР движется вперед поистине семимильными шагами, и по ряду показателей (в частности, эффективности использования доступных процессоров) уже обогнал США.

ЕС в этой технологической гонке отстал почти безнадежно. Это станет одной из точек напряженности внутри ЕС и во внешнем позиционировании блока. Это отставание совпало с эпохой председательства У. фон дер Ляйнен, многие высказывания которой по этой тематике (в частности, об использовании Россией микрочипов из стиральных машин) вызвали справедливые вопросы о степени ее компетентности¹⁸.

Можно предположить, что излишние производственные мощности, накопившиеся на глобальном уровне, особенно в изготовлении самых дешевых чипов и в среднем сегменте, на фоне активного «нерыночного» строительства заводов за счет государственных субсидий со временем приведут к падению прибыльности и привлекательности отрасли в целом. Желание национальных государств иметь на своей территории и контролировать эти производства сыграло злую шутку с «массовой» полупроводниковой отраслью. Одновременного практически кратного наращивания мощностей в КНР, США, Европе и Азии (в основном на Тайване, в Южной Корее и Малайзии) отрасль может и не пережить в своем нынешнем виде.

Современный же этап развития отрасли неразрывно связан с искусственным интеллектом. Именно в процессорах для ИИ, разработанных американской Nvidia и изготовленных TSMC в Тайване, США узрели свое главное преимущество в сфере

¹⁸ Например, ее заявления о микрочипах «из стиральных машин»: <https://www.forbes.com/sites/erictegler/2023/01/20/is-russia-really-buying-home-appliances-to-harvest-computer-chips-for-ukraine-bound-weapons-systems/>

ИИ и решили сохранить его за собой за счет драконовских ограничений на экспорт в «недружественные страны», тем самым защитив трех американских лидеров облачного хранения данных (Microsoft, Amazon Web Services и Google). Внутри США приемлемый минимум конкуренции обеспечен, а на внешнем рынке они совместно выступают как America Inc.

Библиография

Денисенко А. США могут ввести санкции против еще 200 китайских производителей чипов // CNews. 2024. 25 ноября. Режим доступа: https://www.cnews.ru/news/top/2024-11-25_ssha_mogut_vvesti_sanktsii

ТАСС. Китай выступил против закона США о поддержке производства полупроводников. 2022. 10 августа. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/15438113>

Bergen M., Doan L. Tech Giants Are Set to Spend \$200 Billion This Year Chasing AI // Bloomberg. 2024. Nov. 1. Режим доступа: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-11-01/tech-giants-are-set-to-spend-200-billion-this-year-chasing-ai>

Clarke P. Europe fails to compete as China leads chip manufacturing spend // EENews Analog. 2025. May 27. Режим доступа: <https://www.eenewseurope.com/en/europe-fails-to-compete-as-china-leads-chip-manufacturing-spend/>

Continental. ContiTech Responds to Market Changes: Plant Closures Planned. Press Release. 2025. Jan. 31. Режим доступа: <https://www.continental.com/en/press/press-releases/plant-closures-planned/#:~:text=%22With%20these%20planned%20measures%2C%20we,other%20parts%20of%20the%20company.%22>

EP&T. Global chip sales hit highest-ever monthly total in September. 2024. Nov. 6. Режим доступа: <https://www.ept.ca/2024/11/global-chip-sales-hit-highest-ever-monthly-total-in-september/> (дата обращения: 10.03.2025)

European Commission. Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions. 2030 Digital Compass: The European way for the Digital Decade. Brussels, 2021. Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2021:118:FIN>

Hern A. Cryptocurrencies add nothing useful to society, says chip-maker Nvidia // The Guardian. 2023. March 26. Режим доступа: <https://www.theguardian.com/technology/2023/mar/26/cryptocurrencies-add-nothing-useful-to-society-nvidia-chatbots-processing-crypto-mining>

IXBT.com. Китай благодарен США за санкции: от них пострадали сами Штаты, а КНР существенно нарастила собственное производство микросхем // Дзен. 2024. 26 авг. Режим доступа: <https://zen.ru/a/ZswQbG4Nli-Brfq?ysclid=mbq9tapc7q239416966>

Mohammadi A. How Much Does It Cost Apple to Make an iPhone? // SimplyMac. 2024. Sept. 26. Режим доступа: <https://www.simplymac.com/iphone/how-much-does-it-cost-to-make-an-iphone> (дата обращения: 10.03.2025)

Moore G.E. Cramming More Components onto Integrated Circuits // Electronics. 1965. Apr. 19. P. 114–117.

Moore G.E. Progress in digital integrated electronics // IEEE International Electronic Devices Meeting, IEDM Technical Digest. 1975. P. 11–13.

Pan Ch., Goh B. China's purchases of chipmaking equipment to decline in 2025, consultancy says // Yahoo!Finance. 2025. Feb. 12. Режим доступа: <https://ca.finance.yahoo.com/news/chinas-purchases-chipmaking-equipment-decline-064853297.html>

Park K. US to award TSMC \$6.6B in grants, \$5B in loans to step up chip manufacturing in Arizona // TechCrunch. 2024. April 8. Режим доступа: <https://techcrunch.com/2024/04/08/us-to-award-tsmc-6-6b-in-grants-5b-in-loans-to-step-up-chip-manufacturing-in-arizona/>

SEMI. Semiconductor Equipment Billings Surged to \$117 Billion in 2024. SEMI Reports. 2025. Apr. 9. Режим доступа: <https://www.semi.org/en/semi-press-release/global-semiconductor-equipment-billings-surged-to-117-billion-dollars-in-2024-semi-reports/>

Sharma R. How “the mother of all bubbles” will pop // Financial Times. 2024. Dec. 16. Режим доступа: <https://www.ft.com/content/9a0da0d6-92b4-4034-ac25-7b4abcbb0bbe>

Shepardson D., Holland S. Trump and TSMC announce \$100 billion plan to build five new US factories // Reuters. 2025 March 4. <https://www.reuters.com/technology/tsmc-ceo-meet-with-trump-tout-investment-plans-2025-03-03/>

Shilov A. China's SMEE files patent for an EUV chipmaking tool — tool aims to break the shackles of ASML export restrictions // Tom's Hardware. 2024. Sept. 13. Режим доступа: <https://www.tomshardware.com/tech-industry/chinas-smee-files-patent-for-an-euv-chipmaking-tool-tool-aims-to-break-the-shackles-of-asml-export-restrictions>

Shilov A. TSMC Postpones Mass Production at Arizona Fab to 2025 // Tom's Hardware. 2023. July 20. Режим доступа: <https://www.tomshardware.com/news/tsmc-postpones-mass-production-at-arizona-fab-to-2025>

Statista. Semiconductor foundry market share by region 2024. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/1230946/semiconductor-foundries-market-share-by-country-worldwide/>

Swanson A. House Committee Targets Chip Technology Firms for China Ties // The New York Times. 2024. Nov. 8. Режим доступа: <https://www.nytimes.com/2024/11/08/business/economy/house-committee-china-semiconductor-manufacturing.html>

Toh M. TSMC says its \$40 billion chip project in Arizona faces a further delay // CNN. 2024. Jan. 19. Режим доступа: <https://edition.cnn.com/2024/01/19/tech/tsmc-taiwan-arizona-project-delay-intl-hnk>

TrendForce. Global Chip Equipment Sales in 2024 Expected to Hit Record High, Even Higher Next Year. 2024. Jul. 11. Режим доступа: <https://www.trendforce.com/news/2024/07/11/news-global-chip-equipment-sales-in-2024-expected-to-hit-record-high-even-higher-next-year/>

US Congress. S.4982 - Creating Helpful Incentives for Producing Semiconductors for America and Foundries Act. 2022. <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/4982/text>

Vicinanza D. Taiwan's new 2nm chip set to power the AI revolution // Asia Times. 2025. April 5. Режим доступа: <https://asiatimes.com/2025/04/taiwans-new-2nm-chip-set-to-power-the-ai-revolution/#>

Wu Jieh-min. Silicon Shield 2.0: A Taiwan Perspective // The Diplomat. 2024. Sept. 14. Режим доступа: <https://thediplomat.com/2024/09/silicon-shield-2-0-a-taiwan-perspective/>

Yang H., Potkin F., Freifeld K. Exclusive: Chinese firms stockpile high-end Samsung chips as they await new US curbs, say sources // Reuters. 2024. Aug. 6. Режим доступа: <https://www.reuters.com/technology/chinese-firms-stockpile-high-end-samsung-chips-they-await-new-us-curbs-say-2024-08-06/>

Yifan Yu, Cheng Ting-Fang, Lauly Li. From somebody to nobody: TSMC faces uphill battle in U.S. talent war // Nikkei. 2022. May 27. <https://asia.nikkei.com/Business/Business-Spotlight/From-somebody-to-nobody-TSMC-faces-uphill-battle-in-U.S.-talent-war>

Zuhair M. TSMC Arizona Chips Are Reportedly Being Flown Back to Taiwan for Packaging; U.S. Semiconductor Supply Chain Still Remains Dependent on Taiwan // wccftech. 2025. Jun. 28. Режим доступа: <https://wccftech.com/tsmc-arizona-chips-are-reportedly-being-flown-back-to-taiwan-for-packaging/#:~:text=TSMC%20Doesn't%20Have%20Sufficient,in%20the%20US%20for%20now>