

Полупроводниковая микроэлектроника – 2025 г.

Часть 1. Мировой рынок меняется, создает опасные тенденции и растет, но не для всех



Дмитрий БОДНАРЬ,
к.т.н., генеральный директор,
АО «Синтез Микроэлектроника»

В последние годы происходит трансформация мирового полупроводникового рынка и его неравномерное развитие по сегментам продукции и регионам. Основная прибыль достается 5% крупнейших компаний, а бурное развитие искусственного интеллекта (ИИ) усугубляет эту тенденцию. Однако бум ИИ таит в себе риск лопающегося пузыря из-за текущей переоценки ИИ и возможных негативных последствий, что может привести к падению мирового рынка и массовым банкротствам. Крупные IDM-компании Intel, Samsung, обладающие сложным и дорогим производством чипов, испытывают нехватку больших контрактных заказов и находятся в кризисе. Тарифная война Дональда Трампа усугубляет ситуацию и добавляет ощущение приближающегося глубокого кризиса.

Новые опасные тенденции мирового полупроводникового рынка

По прогнозу WSTS, мировой полупроводниковый рынок в 2025 г. вырастет на 11,2% до 700 млрд долл. [1], но впервые за все последние десятилетия это ожидание не внушает оптимизма и уверенности в его перспективах на ближайшие годы. Появилось несколько важных факторов, отрицательно влияющих на весь мировой и полупроводниковый рынки. Одним из глобальных факторов является тарифная и санкционная война, затеянная президентом США Дональдом Трампом. Ее влияние на рынок рассматривалось автором ранее [2] и будет проанализировано ниже. Имеется также несколько внутриотраслевых факторов, которые отмечают эксперты.

Все последние десятилетия мировая полупроводниковая промышленность развивалась циклически: более продолжительный цикл роста рынка, происходивший в течение четырех лет, сменялся коротким циклом однолетнего спада.

Последние пять лет значительно изменили мировой полупроводниковый ландшафт. Вначале в 2019–2020 гг. на его состояние повлияла мировая пандемия, нарушившая цепочки мировых поставок и приведшая к острому дефициту полупроводников, осо-

бенно в автомобильной промышленности, и началу регионализации производства в отрасли. Восстановление и увеличение спроса для наполнения опустевших складов электронных компонентов дало мощный толчок росту объема их выпуска. Однако уже через полтора–два года после восстановления цепочек поставок и наполнения складов наступил период стабилизации и даже падения спроса на некоторые категории продукции. Тем не менее в усредненном масштабе мировой полупроводниковый рынок рос.

Клаус Аасхольм (Claus Aasholm), основатель компании Semiconductor Business Intelligence, предложил отрезвляющую переоценку мирового рынка полупроводников. Он утверждает, что исторический четырехлетний цикл отрасли нарушился и на смену ему пришел фрагментарный, ориентированный на прибыль подъем, который ощущают лишь немногие избранные [3]. К настоящему времени уже два года мировая отрасль находится в восходящем цикле, но большинство компаний этого не ощущают.

Пока такие компании, как Nvidia, получают рекордную прибыль, многие другие в цепочке поставок, например производители чипов, остаются в состоянии слабого или отрицательного роста, а фабрики по производству пластин работают с неожиданно низкими коэффициентами загрузки. По словам Аасхольма, компания TSMC, например,

работает всего на 73% мощности, хотя уже два года наблюдается очевидный подъем. Основная причина? **Этот цикл больше не зависит от спроса.** Обычно увеличение объема производства компонентов связано, например, со смартфонами или чем-то вроде облачной революции. В этот раз ситуация другая – рентабельность растет, а объемы – нет: «Взять, к примеру, компанию Nvidia, которая производит свои чипы в TSMC. Поскольку отрасль уже два года находится в процессе подъема, TSMC должна работать на полную мощность, но этого не происходит. Загрузка компании заказами составляет 73%. Это смешно. В то же время она строит фабрики в США и все необходимое для этого. Таким образом, этот цикл, в основном, ориентирован не на рост объемов, а на прибыль. Его ощущают избранные».

Аасхольм также подчеркнул растущее геополитическое и стратегическое расхождение между регионами. Он указал на то, что Тайвань проводит наиболее последовательную национальную стратегию в полупроводниковой отрасли.

«В правительстве Тайваня нет никого, кто не разбирался бы в полупроводниках. Они не политики. В первую очередь, они специалисты по полупроводникам, а потом уже политики».

Заглядывая в будущее, Аасхольм предупредил, что продолжающийся рост искус-

ственного интеллекта меняет всю отрасль: «Спрос на искусственный интеллект растет. Это единственный фактор роста, который обуславливает весь подъем». Аасхольм считает, что искусственный интеллект, в частности управляемый облачными гиперскейлерами и поддерживаемый Nvidia с портфелем закупок в 80 млрд долл., полностью меняет отрасль. По мнению Аасхольма, сегмент полупроводников превращается в рынок центров обработки данных. Доходы от ЦОД в настоящее время составляют ошеломляющие 38% от общего дохода полупроводниковой отрасли, тогда как всего два года назад эта доля равнялась 14%. «Такого раньше не было, и это не циклично. Это системный характер. Что-то меняет отрасль довольно кардинально», – замечает эксперт.

Чтобы оценить будущее, Аасхольм проанализировал данные об инвестициях облачных компаний. В этом году они увеличат свои капитальные затраты на 48%. Он предупредил, что такое увеличение затрат сократит предложение в других сегментах, поскольку память и другие компоненты в еще большей мере направляются на удовлетворение спроса гиперскейлеров.

Эксперт задается вопросом, что же произойдет с рынком, когда объем капитальных затрат достигнет 58% или 68%? Аасхольм назвал такую динамику «смертельной спиралью» для гибридных полупроводниковых компаний – тех, которые сочетают собственное производство с аутсорсинговым изготовлением кристаллов. Многие из них, особенно в Европе, переживают самый продолжительный спад за всю историю без особой надежды на облегчение.

Таким образом, полупроводниковая промышленность, по оценке Аасхольма, разделяется на микроциклы, в которых одни компании переживают бум, а другие терпят убытки. В отличие от прошлых циклов, некоторые спады могут оказаться постоянными. Однако в 2026 г. может сложиться суперцикл, который приведет к падению и в сфере ИИ [4].

В соответствии со своей стратегией, Китай в настоящее время заменяет иностранные комплектующие отечественными аналогами. Производство полупроводников в Китае выросло на 60% с 2021 г. даже несмотря на то, что внутренние рынки остаются слабыми. Но что будет, когда Китай завершит эту замену? По прогнозу Аасхольма, тогда китайские полупроводники начнут поступать в Европу.

Аасхольм скептически относился к западной политике reshoring, например к «Закону о чипах» США, утверждая, что субсидии искажают инвестиционные стимулы без существенного увеличения использования мощностей. «Заводы строятся за бесплатные деньги, а не за спрос», – утверждает он, указывая, что американские заводы TSMC недостаточно используются даже в пиковых рыночных условиях.

Согласно анализу компании McKinsey & Company, в 2024 г. 5% крупнейших компаний получили экономическую прибыль в размере 147 млрд долл., 90% средних компаний получили всего 5 млрд долл., а 5% наименее успешных компаний потеряли 37 млрд долл. [5]. Кривая роста полупроводниковой промышленности стала исключительно крутой, а власть все больше концентрируется в руках организаций с долей 5% экономической прибыли.

Малкольм Пенн (Malcolm Penn), Генеральный директор компании Future Horizons, призывает не обольщаться двухзначными темпами роста в 2024 г. По его мнению, база восстановления очень хрупка, и рост был, в основном, обусловлен более высокими средними отпускными ценами, а не реальным ростом из расчета на единицу продукции [6]. Ключевые показатели, к которым относится загрузка заводов, оставались невысокими в течение всего прошлого года за исключением самых передовых показателей. Однако, по мнению Пенна, фактического восстановления не может быть до тех пор, пока продажи не увеличатся: «Несмотря на положительные цифры, цикл спада еще не закончился, и реальному восстановлению еще предстоит пройти долгий путь».

Заглядывая в будущее, Пенн определил два красных флажка: потенциальный крах на рынке серверов ИИ и геополитическая неопределенность.

Во-первых, замедление спроса на ИИ-ЦОД неизбежно, и до настоящего бума, вызванного продуктами ИИ, еще далеко. «Рынок ИИ-серверов держится на высоком уровне, в него вложены тонны денег, но окупаемости инвестиций пока нет», – замечает Пенн.

Во-вторых, геополитическая напряженность привела к росту волатильности и неопределенности, а мировые рынки не любят

этого. Атмосфера неопределенности, связанная с инвестиционной политикой администрации Трампа «Америка прежде всего», становится очень опасной для остального мира.

Лопающийся пузырь стремительного роста ИИ может больно ударить по мировой микроэлектронике

Итак, искусственный интеллект стал основным катализатором роста мировой полупроводниковой электроники. Как отмечают эксперты, рынок ЦОД уже составляет 38% от общего объема полупроводникового рынка и продолжает расти. Эта зависимость с увеличением доли ИИ становится угрожающей. Рынок полупроводников ИИ превысил 125 млрд долл. в 2024 г. и, по прогнозам, превысит 150 млрд долл. в 2025 г. На его долю приходится более 20% мировых продаж чипов, что обусловлено ЦОД, периферийными вычислениями и потребительскими устройствами. К 2030 г., как прогнозирует компания McKinsey & Company, развитие генеративного ИИ может принести еще 300 млрд долл., в результате чего общая выручка мирового полупроводникового рынка составит 1,3 трлн долл. (рис. 1) [5].

Торстен Слок (Torsten Slok), главный экономист инвестиционной компании Apollo Global Management, утверждает, что ряд крупнейших технологических компаний, делающих ставку на искусственный интеллект, серьезно переоценены – даже сильнее, чем интернет-компании эпохи бума доткомов [7]. Эксперт предупреждает о возможном повторении событий начала 2000-х гг., которые привели к ликвидации «пузыря доткомов». По мнению этого эксперта, одним из важнейших признаков образования пузыря в случае

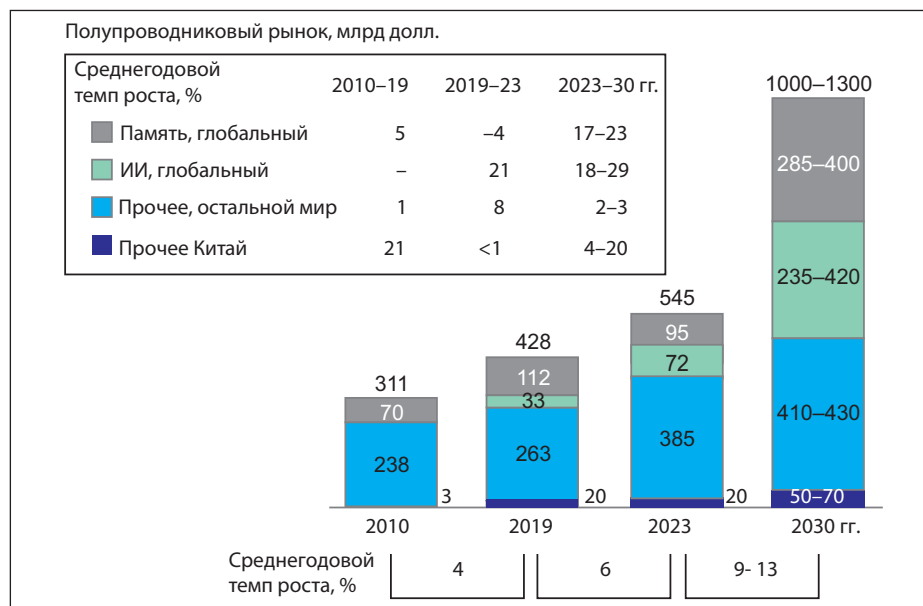


Рис. 1. Прогноз мирового полупроводникового рынка на 2030 г., включая доли ИЭТ памяти и искусственного интеллекта

с крупнейшими технологическими компаниями является высочайший показатель P/E (соотношение цена/прибыль – финансовый показатель, равный отношению рыночной стоимости акции к годовой прибыли, полученной на акцию), характерный в настоящее время для первой десятки самых дорогостоящих ИИ-компаний мира в сравнении с остальными участниками S&P500. Согласно данным Apollo, к которым апеллирует Слок, текущие значения коэффициента P/E первой десятки рейтинга превышают аналогичные пиковые показатели времен бума доткомов. Это значит, что инвесторы делают настолько большие ставки на гигантов индустрии ИИ вроде Nvidia, Microsoft, Apple и Google, что стоимость их ценных бумаг в еще большей мере оторвана от их реальной прибыльности, чем в ситуации с Cisco, AOL и других игроков рынка, ставших свидетелями бума доткомов. Нынешний стремительный рост котировок акций технологических гигантов обеспечивается смутной верой в потенциал ИИ, а не фактическими финансовыми показателями; при этом первая десятка крупнейших компаний, делающих ставку на ИИ, воспринимается рынком как абсолютно неуязвимая, что является тревожным сигналом. Если в какой-то момент разница между доходами от ИИ и капитализацией ставящих на них компаний не начнет сокращаться, «пузырь» может лопнуть сам по себе в отсутствие какого-либо значимого события, способного спровоцировать обвал рынка. В результате фондовый рынок в рекордные сроки потеряет триллионы долларов, серьезно подорвав уверенность инвесторов.

Не трудно предположить, что произойдет с мировым рынком полупроводниковой микроэлектроники в случае обвала сегмента рынка, отвечающего за половину роста ее заказов. Уже сейчас в разных регионах мира простаивает большое количество построенных ЦОД, в которые вложены гигантские инвестиции. Со временем их количество стремительно растёт.

Однако, по мнению автора этой статьи, еще более опасной может стать побочная проблема применения ИИ, последствия которой пока воспринимаются очень смутно и до конца не выяснены. Существуют апокалиптические версии вероятности вымирания человечества в 95% при сохранении текущих темпов развития технологий ИИ. Однако, если не принимать их в расчет, то следует серьезно оценивать мнение главы OpenAI Сэма Альтмана (Sam Altman) – создателя систем искусственного интеллекта, что скоро на нас хлынет поток высококачественных подделок не только голоса, но и внешности любого человека, которые могут использоваться в самых неблагоприятных целях [8]. В качестве примера Альтман приводит процедуру аутентификации клиента банка при помощи голоса и кодовой фразы. Зная последнюю, злоумышленникам не составит

труда симитировать голос человека при помощи систем ИИ, а затем отдать распоряжение о переводе денежных средств без ведома их действительного собственника. Подмена личности человека станет самым простым из возможных последствий действий ИИ, а его катастрофическое влияние на систему международной безопасности, показанное в фильме «Терминатор», уже не покажется несбыточным.

Последние исследования TrendForce свидетельствуют о том, что мировой рынок электроники в 2025 г. будет резко разделен. Спрос на серверы ИИ, обусловленный потреблением ЦОД, будет выделяться как единственный драйвер роста, в то время как рынок конечной продукции, например смартфонов, ноутбуков, носимых устройств и телевизоров, как ожидается, будет стагнировать под совокупным давлением высокой инфляции, отсутствия прорывных инноваций и продолжающейся геополитической неопределенности [9]. TrendForce прогнозирует, что общий импульс роста еще больше замедлится в 2026 г., что сигнализирует о вступлении отрасли в фазу консолидации с малым ростом.

В 2025 г., чтобы смягчить потенциальные тарифные барьеры и геополитические риски в США, а также извлечь выгоду из политики субсидирования Китая в первом полугодии, во многих секторах будет наблюдаться значительный первоначальный приток заказов. Поставки серверов, планшетов, мониторов и автомобилей сместились с традиционного пикового сезона второй половины года на первую половину года, в результате чего поставки примерно поровну разделились между двумя половинами. Эта тенденция поможет увеличить выручку в первом полугодии, но вызывает опасения во втором полугодии, поскольку истощение раннего импульса может привести к сокращению заказов и высоким объемам запасам в канале продаж в IV кв.

TrendForce прогнозирует, что поставки серверов ИИ в 2025 г. вырастут более чем на 20% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Поскольку основные капитальные затраты поставщиков услуг связи приходятся на высокопроизводительные графические процессоры Nvidia и собственные чипы ASIC, бюджеты на закупки серверов общего назначения сокращаются. Напротив, шума вокруг периферийного ИИ для конечных устройств явно стихла. Несмотря на то, что бренды стремились интегрировать функции ИИ в потребительские товары, большая часть усилий остается на стадии маркетинга, ожидая появления приложимых устройств. По прогнозам TrendForce, поставки смартфонов и ноутбуков в 2025 г. останутся на прежнем уровне или вырастут всего на 1–2% в годовом исчислении, поставки телевизоров сократятся на 1,1%, а рынок носимых устройств сократится на 2,8%.

В 2026 г. ожидается, что большинство поставок потребительских товаров останется на прежнем уровне или вырастет лишь незначительно примерно на 1%, в то время как поставки носимых устройств и автомобилей могут снизиться. Ожидается, что даже темпы роста сегмента серверов ИИ, который значительно увеличился в последние годы, замедлятся после двух лет быстрого расширения и эффекта высокой базы.

Электронная промышленность в 2026 г. столкнется с заметными проблемами, связанными с текущими условиями, и следующий цикл роста, вероятно, потребует либо технологического прорыва, либо достаточно убедительного потребительского приложения, чтобы вызвать новую волну спроса.

Исследователи филиала Массачусетского технологического института в отчете под названием «Разрыв в области генеративного ИИ: состояние ИИ в бизнесе 2025 г.» критически оценивают текущий бум ИИ и отмечают, что «95% организаций не получают какой-либо отдачи» от своих расходов на искусственный интеллект [10]. Исследование, основанное на интервью со 150 бизнес-лидерами и опросах 350 сотрудников, выявило, что «только 5% интегрированных пилотных проектов ИИ приносят миллионные прибыли, тогда как подавляющее большинство не оказывает ощутимого влияния на объемы прибылей и убытков». Того же мнения придерживается Сэм Альтман из OpenAI, утверждая, что нынешние ожидания инвесторов в отношении ИИ слишком завышены. При этом он убежден, что долгосрочная ценность ИИ перевесит краткосрочные потери.

По состоянию на март 2025 г. США с большим отрывом являются мировым лидером по количеству центров обработки данных, совокупность которых в несколько раз превышает количество ЦОД у ближайших конкурентов (рис. 2) [11]. США также лидировали по мощности этих центров. Четыре основных поставщика облачных услуг в Северной Америке Microsoft, Alphabet (Google), Meta и Amazon за последние годы вложили гигантские средства в облачные вычисления (рис. 3) [12]. Согласно обновленным данным, эти четыре компании намерены потратить, в общей сложности, 364 млрд долл. в 2025 финансовом году, что обусловлено их инвестициями в искусственный интеллект. Размер предыдущих оценок составлял около 325 млрд долл. Инвесторы продолжают вкладывать средства в ИИ, игнорируя критические оценки экспертов о его текущей переоцененности.

К 2030 г. центрам обработки данных по всему миру потребуется 6,7 трлн долл., чтобы не отставать от спроса на вычислительные мощности. По прогнозам, ИИ-ЦОД потребуется 5,2 трлн долл. капитальных затрат, а центрам обработки данных традиционных ИТ-приложений – 1,5 трлн долл. [12].

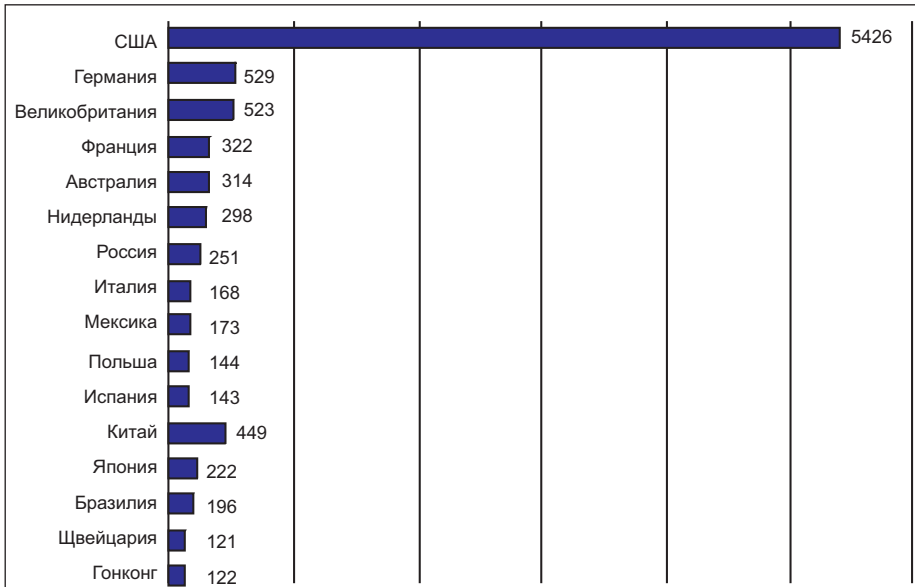


Рис. 2. Страны-лидеры по количеству центров обработки данных на март 2025 г.

В целом, это почти 7 трлн долл. капитальных затрат, необходимых к 2030 г. – ошеломляющая цифра по любым меркам. Согласно прогнозам, объем мощностей ИИ-центров с 2025 по 2030 гг. при текущей динамике спроса вырастет в 3,5 раза, причем они будут в 2,5 раза выше мощностей ЦОД традиционных ИТ-приложений (рис. 4). Примерно 15% (0,8 трлн долл.) инвестиций поступят строителям за землю, материалы и застройку территории. Еще 25% (1,3 трлн долл.) будут выделены энергетикам для производства и передачи электроэнергии, охлаждения и электрооборудования. Наибольшая доля инвестиций – 60% (3,1 трлн долл.) придется на разработчиков и дизайнеров технологий, которые производят чипы и вычислительное оборудование для ЦОД. На долю полупроводниковой промышленности придется 3,1 трлн долл., причем количество компаний, разрабатывающих и выпускающих такую продукцию, ограничено. Как правило, они входят в топ мировых компаний. Очевидно, что в случае положительного сценария развития рынка ИИ прибыль этих компаний будет очень большой, а в противном случае обрушение их капитализации станет катастрофическим не только для них, но и для всего мирового полупроводникового рынка.

Еще одной очень серьезной проблемой быстрого развития ИИ в США является нехватка электроэнергии. В 2023 г. ЦОД в США использовали 176 тераватт-часов (ТВт·ч) электроэнергии, или почти 4,4% от общего энергопотребления страны. С ростом ИИ и облачных вычислений к 2030 г. этот показатель может увеличиться до 12%. Нехватка электроэнергии уже отразилась на потребительском рынке в виде ее дефицита и роста цен. Некоторые компании строят для своих центров собственные электростанции, но это не определяющая тенденция. Примечателен

и объем ежедневно потребляемой воды, составляющий 1,7 млрд л. Аналитики Goldman Sachs описывают кризис просто: «Неутолимый спрос ИИ на электроэнергию опережает десятилетние циклы развития энергосетей, создавая критическое узкое место».

В начале 2025 г. возникли проблемы, вызванные появлением очень недорогих моделей искусственного интеллекта DeepSeek. Четверка операторов связи приняла вызов, увеличив в этом году капитальные затраты в этой области. Однако если DeepSeek оправдает ожидания и отвоюет свою нишу, это станет еще одним крупным ударом по текущему дорогостоящему формату ИИ. В Китае 80% вычислительных ресурсов построенных центров остаются неиспользованными, и развитие DeepSeek может ухудшить эти показатели.

Автор настоящей статьи давно обратил внимание на бурный рост акций некоторых компаний из сектора ИИ и их раздутую биржевую капитализацию, не соответствующую их материальным активам. Поэтому случившийся 19 августа текущего года самый крупный с 2020 г. обвал биржевых акций крупных технологических компаний, связанных с ИИ, не стал неожиданностью. Вопрос только в том, как сдуется этот пузырь: плавно в течение длительного периода или резко в несколько этапов. И не станет ли это событие повторением ипотечного кризиса 2006 г. В любом случае, обвал этого сегмента больно ударит по мировой полупроводниковой отрасли.

Влияние тарифной политики Трампа на полупроводниковую отрасль

К числу разрушающих событий, которые могут нанести больший вред мировой экономике и полупроводниковой промышленности, чем тарифная политика президента США Дональда Трампа, относится только мировой экономический кризис и мировая война. В первую очередь, тарифная война вредит экономике самих США. По сути, нет ни одной аналитической компании в США, которая считала бы, что эта война принесет пользу экономике страны и улучшит жизнь граждан США. Все крупные полупроводниковые компании США и других стран, ведущие бизнес в США, не поддерживают тарифные решения и предупреждают об их отрицательных последствиях для Америки. Крупные игроки отрасли, в том числе TSMC, Intel, Qualcomm, Micron Technology и Texas Instruments, Торговая палата США выразили единодушное несогласие с потенциальными тарифами, предупредив, что они могут серьезно повредить конкурентоспособности сектора и поставить под угрозу значительные внутренние инвестиции [13].

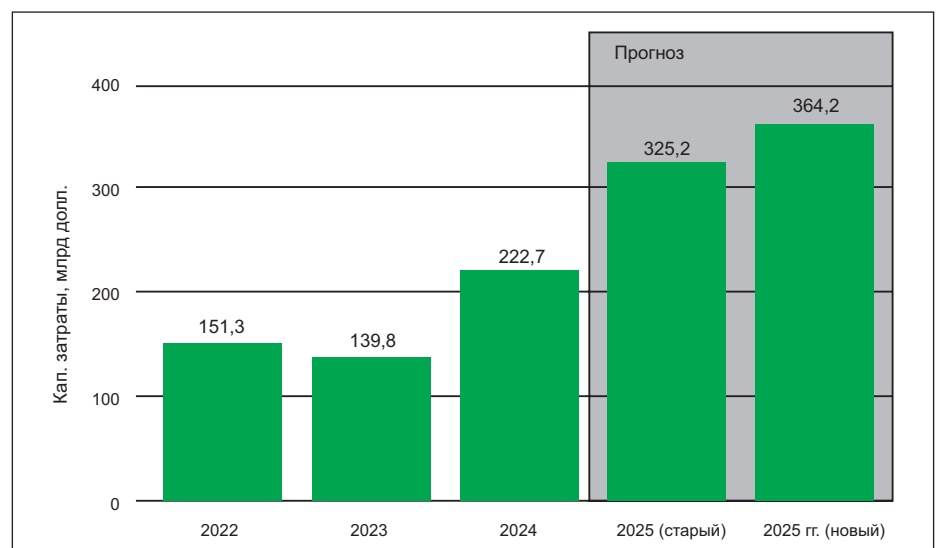


Рис. 3. Капитальные затраты компаний Microsoft, Alphabet (Google), Meta и Amazon на искусственный интеллект в 2022–2024 гг.

Расчетная потребность в мощностях центров обработки данных
(сценарий сохранения текущей динамики), ГВт

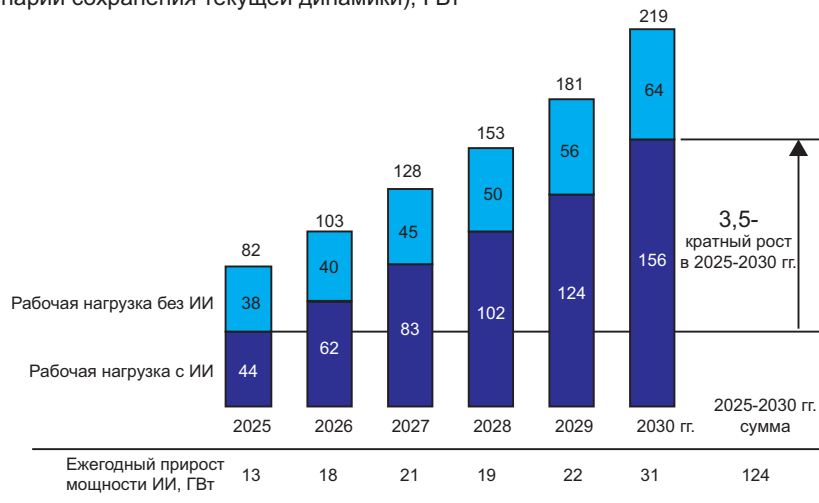


Рис. 4. Рост мощностей ЦОД приложений ИИ и типовых ЦОД ИТ-приложений в 2025–2030 гг. при сохранении текущих темпов спроса

Ассоциация SIA утверждает, что широкие тарифы усугубят недостаток затрат на строительство заводов в США, снизят глобальный спрос на чипы под американским брендом и негативно повлияют на оборонно-промышленную базу этой страны. Консенсус среди этих заинтересованных сторон заключается в том, что, хотя стимулирование производства в США является важной целью, широкие тарифы могут быть контрпродуктивными. Достижение целей национальной безопасности и экономической конкурентоспособности требует стратегического подхода, стимулирующего внутреннее производство, как это предусмотрено «Законом о чипах», при сохранении прочных глобальных партнерств и тщательном избегании мер, облагающих налогом необходимые ресурсы для наращивания внутреннего потенциала. Сложный характер глобальной цепочки создания стоимости полупроводников и зависимость от импортируемых изделий и материалов делают быстрый и всеобъемлющий оншоринг с помощью протекционизма нецелесообразным и потенциально разрушительным.

Хендель Джонс (Handel Jones), Генеральный директор International Business Strategies, считает, что тарифы США и торговая война страны с Китаем угрожают замедлить рост мировых продаж полупроводников до 970 млрд долл. с предыдущего прогноза в 1,2 трлн долл. в 2030 г. [14]. Почти ежедневные изменения в тарифах и торговых вопросах крайне дестабилизируют полупроводниковую промышленность, создавая состояние неопределенности и разрывая цепочки поставок, сформированные за многие годы.

Фонд информационных технологий и инноваций (ITIF), аналитический центр, специализирующийся на политике в области науки и технологий, опубликовал под-

робное исследование потенциального экономического ущерба для экономики США в случае введения предложенных тарифов [15]. Экономическое моделирование ITIF предполагает потенциальные негативные последствия для экономики США. Общий 25%-тариф на импорт полупроводников в США приведет к снижению экономического роста на 0,18% в первый год, а к 10-му году может увеличиться до 0,76%, если он сохранится. Даже 10%-тариф может привести к снижению роста ВВП. Эти макроэкономические эффекты приводят к прямым издержкам американских домохозяйств. При устойчивом тарифе в 25% средний американец может столкнуться со снижением уровня жизни на 122 долл. в первый год, а совокупные потери оцениваются в 4208 долл. за 10 лет (рис. 5) [15]. Кроме того, анализ ITIF предполагает потенциальную фискальную проблему: правительство США может потерять больше налоговых поступлений из-за снижения экономической активности, чем оно

получает от тарифов, прогнозируя чистые потери в размере 165 млрд долл. на 10-й год при устойчивом тарифе в 25% (рис. 6) [15].

Последствия тарифов могут распространиться на многие сектора, которые зависят от полупроводников. Особенно уязвима автомобильная промышленность, так как современные автомобили оснащены тысячами чипов. Анализ ITIF показывает, что увеличение затрат на полупроводники на 22% может добавить до 800 долл. к стоимости производства автомобиля. Электромобили (EV), которым требуется еще больше чипов, вероятно, столкнутся с большим ценовым давлением. Эксперты ожидают, что тарифы могут привести к ряду повышений цен на автомобили, что приведет к потере рабочих мест в автомобильном секторе США.

США являются крупнейшим импортером полупроводниковой продукции и приборов. Поскольку доля полупроводников в смартфонах, серверах ЦОД, ноутбуках, мультимедийных планшетах, ЖК-дисплеях и автомобилях с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) высока (рис. 7), повышение тарифов, в первую очередь, отразится на стране – конечном потребителе этих изделий, а их продажи могут пострадать из-за изменения спроса [16].

В иной ситуации это можно было бы воспринимать как внутреннее дело США, но эта тарифная политика отрицательно отразится не только на мировой полупроводниковой промышленности, но и может стать причиной мирового экономического кризиса. Компания TSMC уже сообщила о повышении цен на свою продукцию на 10%, обосновав его новыми пошлинами Трампа.

Вслед за Intel компании Samsung грозит большая реорганизация

Похоже, для компании Samsung наступают худшие времена за все время ее существования. Ставка на взрывной рост полупроводникового бизнеса и попытка сделать его флагманом корпорации, который поднимет

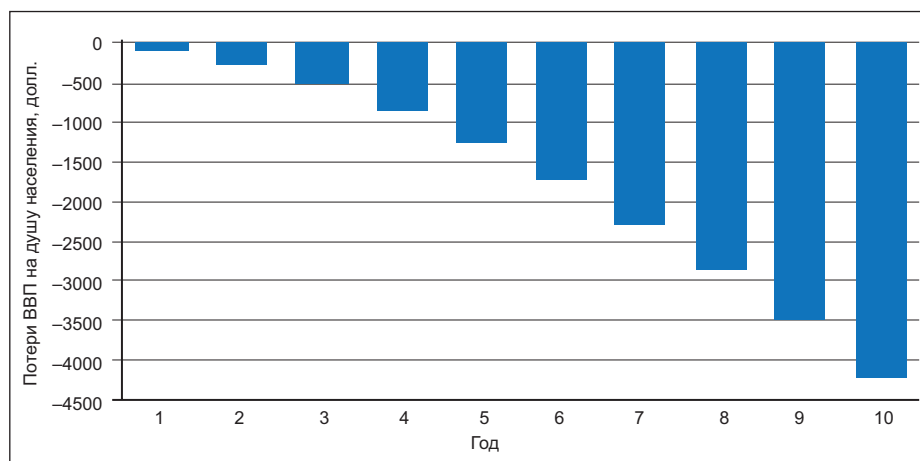


Рис. 5. Прогноз потерь ВВП США на душу населения за 10 лет при импортных тарифах США в 25%

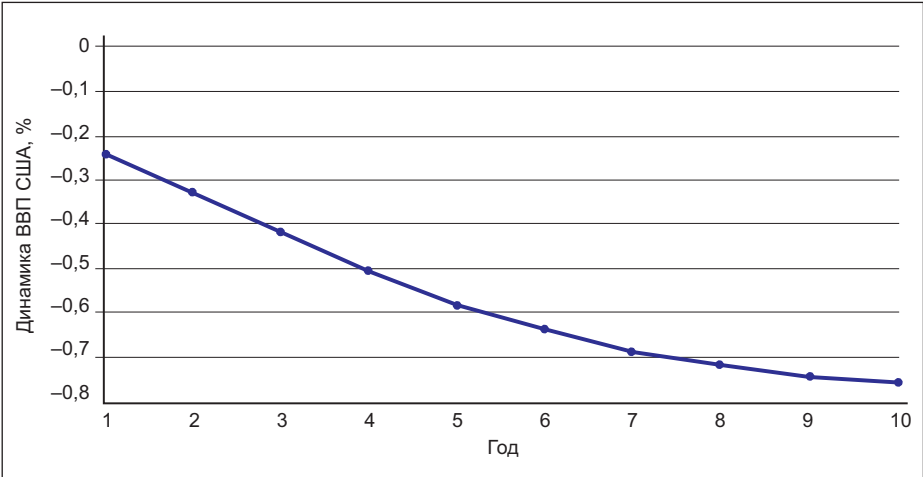


Рис. 6. Прогноз снижения темпов ВВП США за 10 лет при импортных тарифах в США в 25%

компанию на вершину мировой полупроводниковой иерархии, не оправдалась. Цель опередить TSMC и стать лидером в мировом полупроводниковом контрактном бизнесе пока не достигнута и едва ли возможна. Финансовые показатели полупроводникового подразделения Samsung со временем только ухудшаются, и оно тянет корпорацию назад. Корейская модель многопрофильных семейных чеболей в организации компаний с каждым годом демонстрирует несоответствие нынешним реалиям. По крайней мере, в высокотехнологичной полупроводниковой отрасли. Раньше это поняли в Японии и стали выделять полупроводниковый бизнес в самостоятельные компании – Sony, Panasonic, Mitsubishi и др. Samsung может прийти к такому решению позже остальных, но едва ли избежит подобной участи. И чем позже это состоится, тем сложнее будет выйти из кризиса.

Samsung является самой дорогой компанией Южной Кореи, рыночная капитализация которой на 10 июня 2025 г. составила около 271 млрд долл., что составляет 16% стоимости фондовой биржи страны. Основанная в 1938 г. как магазин по продаже овощей и сушеной рыбы, Samsung с тех пор превратилась в глобальную компанию. Производство микросхем памяти в течение долгого времени было основным сегментом чипового производства, в котором Samsung удерживала мировое лидерство долгие годы. В микросхемах DRAM в 2021 г. мировая доля этого производства достигала чуть менее 50%. Однако в последние годы этот показатель снижился, в то время как у его конкурентов – Micron и особенно SK Hynix – рос. Во II кв. 2025 г. SK Hynix впервые в истории более чем за 30-летний период опередила Samsung в производстве микросхем памяти [17]. SK Hynix получила 9,66 млрд долл. выручки от продаж микросхем памяти (Samsung – 8,94 млрд долл.), обеспечив себе 36,2% доли рынка в сравнении с 33,5% у Samsung. Впервые SK Hynix превзош-

ла Samsung с момента своего основания в 1983 г., что объясняется ее доминированием в сегменте памяти HBM3 для ИИ. В 2024 г. Samsung опустилась на 6-е место в рейтинге работодателей Южной Кореи со 2-го места в предыдущем году. Не так давно работа в Samsung считалась очень престижной, а ее сотрудников называли «людьми Samsung» – членами элитного корпоративного класса. После резкого падения выручки в 2023 г. Samsung не выплачивала бонусов сотрудникам. По словам инженеров, эти бонусы в 2024 г. были на 72% ниже выплат во времена пандемии. Теперь высокая текучка квалифицированных кадров стала проблемой корпорации, а ранее считавшимся табу уход к конкурентам стал привычным. Как считают эксперты, организационная культура Samsung ухудшилась в 2018 г. во время пребывания в должности Ким Ки Нама, тогдашнего главы Samsung Device Solutions. Во его времена перекладывание вины руковод-

ства на других сотрудников стало нормой. Главным стало представление приукрашенных отчетов, не соответствующих реалиям и вводящих в заблуждение.

Убытки контрактных подразделений Samsung и подразделения по разработке чипов в 2023 г. составили 2,4 млрд долл. Попытка обойти TSMC, рискованно применив для 3-нм техпроцесса архитектуру GAA вместо FinFET, не оправдала себя, и низкий выход годных стал настоящей проблемой, отпугнувшей потенциальных клиентов. Еще один шаг, чтобы обойти TSMC в США, был предпринят, когда Samsung раньше конкурента приняла решение о строительстве современных производств чипов в Америке. Но и на этот раз южнокорейский гигант начал отставать от конкурента. Первый завод должен был начать производство в первом полугодии 2024 г. Затем сроки были перенесены на 2026 г., но взамен Samsung была готова освоить на нем более современный 2-нм техпроцесс. Очевидно, однако, что и эта задача, скорее всего, не будет выполнена, хотя в развитие комплекса компания планировала вложить 37 млрд долл. Уже в начале 2025 г. компания была вынуждена оценивать целесообразность дальнейшего финансирования не только своих контрактных мощностей в США, но и некоторых предприятий в Южной Корее.

Другой проблемой Samsung стала невосприимчивость процессоров Exynos собственной разработки в линейке флагманских смартфонов Samsung Galaxy, поскольку они проигрывают процессорам Snapdragon компании Qualcomm. Их производство считалось важным для загрузки новых заводов компании в Южной Корее. Это обстоятельство подтверждает наличие серьезных проблем не только в производстве чипов, но и в подразделении разработчиков.

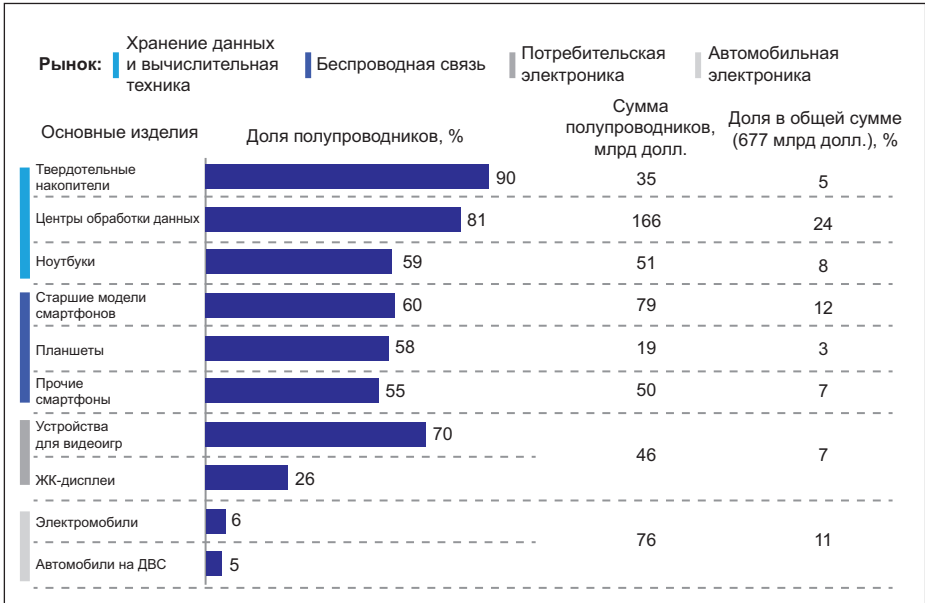


Рис. 7. Доля полупроводников в изделиях разных типов

Местные власти шт. Техас были готовы предоставить Samsung до 25 млн долл. субсидий, но в конце апреля этого года условия были пересмотрены. Предельная сумма поддержки, на которую может рассчитывать компания, если не учитывать федеральные субсидии по «Закону о чипах», теперь ограничена 9 млн долл. Samsung также придется вернуть в муниципальный бюджет налоговые вычеты, не имеющие прямого отношения к производству чипов. Кроме того, власти Техаса требуют ввести предприятие в эксплуатацию в 2026 г.

Наиболее серьезной проблемой является отсутствие у Samsung в США и Южной Корее больших клиентов, обеспечивающих стабильные заказы и загрузку производства. Это резко контрастирует с TSMC, которая в настоящее время производит продукцию по 4-нм технологии на заводе Fab 21 в Аризоне для таких американских клиентов, как Apple, AMD, Broadcom, Nvidia и Qualcomm. И, несмотря на то, что цена выше, чем у чипов, произведенных на других площадках за пределами Северной Америки, ее заказы уже распроданы до 2027 г.

Похоже, именно это тормозит финансирование больших капитальных затрат Samsung по закупке и монтажу на новых заводах очень дорогостоящего технологического оборудования, и, в первую очередь, установок для EUV-литографии. Простой этого оборудования станет приговором для компании. Понимая, что борьба за выполняемые по 3-нм технологии заказы проиграна TSMC, южнокорейская компания еще раз пытается сыграть на опережение, активно продвигая и делая ставку на 2-нм техпроцесс. TSMC, в свою очередь, планирует начать массовое производство по 2-нм техпроцессу на своих заводах на Тайване в конце 2025 г. Судя по многочисленным сообщениям, выход годных чипов по 2-нм технологии TSMC уже достиг 70%, что ставит ее в очень выгодное положение для начала массового производства. Неудивительно, что такие крупные компании, как Apple, Nvidia, Qualcomm и AMD, рассматривают TSMC в качестве основного поставщика чипов. Таким образом, шансы опередить TSMC у Samsung невелики.

В конце июля определенной сенсацией стало сообщение, что Samsung достигла соглашения на 16,5 млрд долл. с компанией Tesla о производстве чипов процессора A16 следующего поколения [18]. Разработка версии A15 только закончена, и ее массовый выпуск начнется в TSMC в 2026 г. Производство A16 планируется в Samsung с 2028 г. Tesla требует выхода годных в диапазоне 60–70%, и Samsung согласовывает свои планы для достижения этой цели. Однако реализация этого проекта начнется только через три года. Неясным остается вопрос, сможет ли Samsung достигнуть этих показателей при использовании 2-нм техпроцесса. Именно

низкий выход годных на 3-нм техпроцессе стал причиной ухода крупных клиентов к TSMC. Программа выпуска A16 рассчитана до 2033 г., но она не обеспечит полную загрузку завода Samsung в США, и компании необходимо привлечь еще крупных заказчиков. Однако с этим у техногиганта имеются трудности.

Судя по сообщениям южнокорейских СМИ, в Samsung активно обсуждаются вопросы реорганизации не только подразделения полупроводникового производства, но и разработки микросхем, однако болезненных решений никто принять не может. Вероятно, ситуация с кризисом в Intel вынудит принять жесткие решения, но хотя организация бизнеса в Samsung значительно отличается от того, как он организован у американского гиганта и TSMC, множась убытки не могут продолжаться долго. 2026 г. может стать переломным для принятия решений о реструктуризации, а следующий 2027 г. – решающим.

Правительство США ищет способы спасения Intel и госучастия в активах других компаний

Проблемы с отсутствием крупных клиентов испытывает еще один гигант – компания Intel. В сентябре 2024 г. компания заявила, что пропустит освоение ранее объявленного процесса Intel 20A в пользу Intel 18A и избежит капитальных затрат, необходимых для вывода технологии на полную мощность [19]. В то время это выглядело вполне логично, хотя и не соответствовало заявлениям предыдущего генерального директора компании Пита Гелсингера об освоении пяти новых техпроцессов за четыре года. Однако техпроцесс Intel 18A мало заинтересовал заказчиков и, вероятно, будет применяться в производстве собственной продукции процессорного гиганта. Intel не предоставляет какую-либо конкретную информацию о выходе годных с использованием этих двух технологий, но одной из причин неудовольствия компании Broadcom как раз стал низкий выход годных для процесса Intel 20A. В июле Intel опубликовала отчет за II кв., в котором оценила риски от неудачного освоения технологии Intel 14A. Сенсацией прозвучало то, что если ей не удастся привлечь крупных заказчиков для использования этого процесса к 2028 г., она готова полностью прекратить освоение более совершенных литографических технологий [20]. В этом случае она продолжит до 2030 г. выпускать чипы по техпроцессу 18A и его более современным разновидностям, но в дальнейшем станет полагаться на услуги сторонних подрядчиков при выпуске чипов. По сути, это означает крах стратегии контрактного производства чипов, на которую компания делала большую ставку все последние годы. Требования четырех бывших членов совета директоров Intel о выделе-

нии в самостоятельную компанию производственного подразделения только усугубляют кризис в Intel [21]. Отказ TSMC от вхождения в состав акционеров Intel вынуждает правительство США рассмотреть вариант выкупа правительством части ее акций, в результате чего гигант может стать частично государственным. Пакет приобретенных правительством акций в размере 9,9% на 8,9 млрд долл. за счет ранее предоставленных, но невыплаченных грантов в размере 5,7 млрд долл. в соответствии с «Законом о чипах», а частично за счет 3,2 млрд долл., связанных с программой для Министерства обороны, позволит правительству США стать крупнейшим акционером компании [22]. Любопытно, что при этом Белый дом не будет принимать участия в управлении и совете директоров компании, на что мог бы претендовать при таком крупном пакете акций. И это обстоятельство может оказаться единственным и оптимальным решением, особенно если все-таки производство чипов не будет выделено в отдельную компанию. На ближайшие пять лет власти получают право приобрести по цене 20 долл. за акцию еще 5% компании, если она перестанет владеть более чем 51% своего контрактного бизнеса Foundry Services. Таким образом, государство не препятствует продаже контрактного подразделения, но едва ли в ближайшее время такое решение возможно.

Кроме того, некоторые высшие руководители компании утверждают, что сохранение производства в составе единой компании было требованием Белого дома при обсуждении приобретения акций. Для Intel сам факт участия государства в ее акциях может оказаться важным, поскольку дает ясный сигнал инвесторам, что компанию будут поддерживать. Однако такой шаг правительства может иметь и некоторые отрицательные последствия и не решит всех проблем компании, если Intel не найдет крупных клиентов на свои новые техпроцессы [23]. Вхождение государства в активы Intel может быть сопряжено с большими рисками, нарушить спокойствие на рынке, поступление капитала и вызвать проблемы с иностранными клиентами. Intel долгие годы была символом лидерства США, а ее упадок приравнивается к потере национальной безопасности. Еще одним спасительным шагом для Intel является решение японской корпорации Softbank о покупке ее акций на сумму 2 млрд долл. [24]. Потеря этих шансов может стать последним аккордом в судьбе компании. 18 сентября текущего года произошло еще одно знаковое событие, дающее новый шанс Intel: Nvidia заявила об инвестировании 5 млрд долл. в Intel [25], что эквивалентно примерно 4% акций компании после их выпуска. В результате акции Intel выросли сразу на 23%, а ее конкурентов AMD и Broadcom – упали. Очевидно, Белый дом приложил к этому усилия, и, что очень важно, Nvidia станет

крупным заказчиком чипов Intel при достижении ею конкурентных параметров при использовании 2–3-м процессоров. Это может спасти Intel, но о былой самостоятельности и величии компании можно забыть.

Правительство США заявило о намерении распространить практику получения акций компаний, которым было выделено финансирование по «Закону о чипах». Таким образом государство может оказать поддержку и другим крупным компаниям, хотя это юридически и отрицается. Последствия такой поддержки могут стать еще более далекоидущими, чем в случае с Intel.

Следует отметить очень взвешенную политику TSMC, грамотно маневрирующую и обходящую острые углы, возникающие после очередных инициатив и угроз Дональда Трампа. Несмотря на давление Трампа, TSMC увернулась от союза с Intel. Однако в вопросе вхождения правительства США в число акционеров компании тайваньский гигант проявляет взвешенную принципиальность и готов во избежание этого вернуть субсидии, полученные по «Закону о чипах».

Сравнение вертикальных IDM-компаний Intel, Samsung со специализированной чиповой фаундри-компанией TSMC показывает, что в очень дорогостоящем и сложном контрактном производстве чипов по самым современным технологиям они уступают ей по всем параметрам: себестоимости, выходе годных и воспроизводимости, скорости освоения техпроцессов, что отпугивает крупных клиентов, снижает степень заполняемости производства и приводит к увеличению убытков. При неблагоприятном развитии событий может сложиться ситуация, что к 2030 г. TSMC станет мировым монополистом в сфере контрактного производства чипов по самым совершенным полупроводниковым технологиям. Японская компания Rapidus еще не вышла на рынок со своим 2-м процессом, и его экономические показатели неизвестны. В равной мере, как и перспективы перехода Rapidus на применение более совершенных технологий. Кроме того, производительность ее фабрики значительно уступает TSMC, и Rapidus не сможет составить конкуренцию технологическому гиганту.

Парадокс года – массовая волна сокращений и одновременная нехватка персонала в крупных компаниях

Экономика противоречий, сформировавшаяся в 2025 г. с непропорциональным и неравномерным развитием отдельных направлений продукции и компаний, затронула и кадровую политику крупных мировых компаний. Сокращения персонала приобрели массовый характер. В минувшем году Intel в рамках реструктуризации объявила о 15%-сокращении персонала. В ос-

новном, оно распространялось на персонал служб маркетинга, продаж и ликвидируемых неэффективных подразделений. Однако глубина кризиса процессорного гиганта и рыночная неопределенность привели к тому, что сокращения затронули и производственный и технологический персонал компании, численность которого снизится на 15–20%. Происходят также сокращения и среди инженеров-разработчиков микросхем и архитекторов. Несмотря на регулярные субсидии от правительства Израиля, которое прежде позволяло не сокращать персонал на израильской фабрике Intel, увольнения впервые затронули персонал Fab 28, а судьба этого предприятия остается под вопросом. Intel также уходит с рынка автомобильных чипов. Это подразделение, которое работало в рамках Client Computing Group, будет закрыто [26]. В июле текущего года Intel заявила о новой большой волне увольнений. До конца 2025 г. будет уволено около 25 тыс. человек, а это примерно 25% ее штата [27]. В конце 2024 г. на Intel работало свыше 108 тыс. человек, а к концу 2025 г. штат компании уменьшится до 75 тыс. человек. В то же время Intel испытывает большой дефицит кадров на строящемся производственном комплексе в шт. Огайо. Новому генеральному директору не удастся стабилизировать финансовые показатели компании и остановить ее падение. Сокращение персонала является одним из решений.

STMicroelectronics, один из крупнейших производителей микросхем в Европе, насчитывает около 50 000 сотрудников по всему миру. В течение ближайших трех лет в компании будет сокращено 5000 сотрудников [28].

В феврале 2025 г. компания onsemi приступила к реализации крупного глобального плана реструктуризации, который затронет все бизнес-единицы, включая производственные подразделения по всему миру. Этот шаг направлен на сокращение расходов и повышение финансовой эффективности, приведение расходов компании в соответствие с рыночными условиями, сохраняя при этом прогресс в реализации долгосрочной стратегии роста. В рамках реструктуризации onsemi планирует уволить около 2400 сотрудников по всему миру [29]. Компания рассчитывает завершить сокращение рабочих мест к концу 2025 г. Однако снижение продаж электромобилей и непоследовательная тарифная политика Белого дома еще внесут свой вклад в сокращение персонала.

Компания NXP, имеющая 34 000 сотрудников по всему миру, в том числе 2500 человек в Нидерландах, планирует сократить 1800 рабочих мест на фоне растущего рыночного давления [30]. NXP поясняет, что решение о сокращении рабочих мест напрямую связано не с опасениями по поводу потенциальной торговой войны, а с более широкими рыночными условиями. Однако

очевидно, что обе эти причины являются главными.

В компании Microsoft на конец июня 2024 г. работали 228 тыс. человек, из них 45 тыс. – в отделах продаж и маркетинга. В мае компания уволила более 6000 человек. Под сокращение попали сотрудники отделов по работе с клиентами, в частности, продаж и маркетинга [31]. В апреле текущего года Microsoft сообщила сотрудникам, что планирует привлечь сторонние фирмы для обработки основного объема продаж программного обеспечения в сегменте малого и среднего бизнесов.

Полупроводниковая промышленность сталкивается с неприятным противоречием. Рынки расширяются, спрос продолжает расти, а кадровый резерв сокращается. По данным SEMI, к 2030 г. отрасль должна будет добавить 1 млн квалифицированных работников во всем мире; при этом нехватка превысит 100 000 инженеров в Европе и 200 000 инженеров в Азиатско-Тихоокеанском регионе [32]. Для этого расширения требуется не менее 100 000 руководителей 2-го эшелона и 10 000 лидеров 3-го звена, многие из которых работают вне полупроводниковой отрасли. Концентрация производства создает дополнительные проблемы. Тайвань обрабатывает 65% мирового производства, Китай – 15%, Южная Корея – 12%, а США – 12%. Несмотря на это, американские компании занимают примерно 46,3% доли мирового рынка. Некоторые новые самые современные производства Intel и азиатских компаний TSMC и Samsung испытывают большой дефицит квалифицированных кадров на строящихся заводах в США. Samsung заманивает инженеров на американские фабрики огромными зарплатами, которые в 1,5–2 раза выше, чем у сотрудников Intel и TSMC [33]. Такой разрыв может лишь указывать на стремление южнокорейского производителя как можно скорее решить проблемы в сфере контрактного производства чипов. Не меньше проблем у TSMC, которая была вынуждена завозить на свои заводы в США персонал из Тайваня. Американский персонал отказывался от условий работы тайваньцев, из-за чего у TSMC даже возникли проблемы с американскими профсоюзами.

Образовался парадокс, когда крупные компании, с одной стороны, массово сокращают персонал, что может быть предвестником приближающегося падения мирового рынка (и не только полупроводникового), а, с другой стороны, испытывают острую нехватку персонала для работы на большом количестве строящихся фабрик по всему миру. Очевидно, что это явление обусловлено сильной политической турбулентностью в мире, неравномерным развитием отдельных регионов и сегментов рынка, в том числе спровоцированным бумом ИИ. Во многом эта ситуация является зеркаль-

ным отражением противоречий полупроводникового рынка в 2025 г. Не наступит ли в скором времени ситуация, когда начнутся массовые увольнения на производствах, испытывающих в настоящее время дефицит кадров?

Выводы

1. Происходит трансформация мирового полупроводникового рынка, когда, несмотря на его рост в денежном выражении, основную прибыль получают только 5% крупных компаний, ориентированных на быстрое развитие искусственного интеллекта и повышение рентабельности без ощутимого увеличения объемов, что создает опасный перекося на мировом полупроводниковом рынке.
2. В настоящее время рынок искусственного интеллекта сильно переоценен, что создает риск обвального падения темпов роста ориентированных на ИИ центров обработки данных, ИИ-серверов, облачных компаний и всего мирового полупроводникового рынка, доля продуктов ИИ на котором достигает 38%.
3. Тарифная политика Дональда Трампа вредит не только мировой экономике и полупроводниковому рынку, но и самой экономике США и приведет к снижению ВВП США в кратко- и особенно в долгосрочном периоде.
4. Модель бизнеса по развитию самых современных технологий производства чипов в вертикальных IDM-компаниях Intel и Samsung не выдерживает конкуренции со специализированными контрактными фабриками производства чипов типа TSMC.
5. Из-за убытков, низкого выхода годных чипов, незагруженности новых производств и отсутствия крупных клиентов вслед за Intel компании Samsung угрожает большая реорганизация с возможным выделением подразделения производства чипов в отдельное предприятие и изменением структуры всей компании.
6. Компания Intel продолжает находиться в кризисе, осуществляет режим жесткой экономики, увольняет персонал и ищет способы реорганизации, включая состоявшийся переход в формат частично государственной компании за счет правительства США, последствия которого еще не проявились. Решения о выделении производства чипов в отдельную компанию, несмотря на разногласия в совете директоров компании, не принимаются.
7. В мировых полупроводниковых компаниях происходит массовое сокращение персонала. В то же время крупные компании испытывают острую нехватку кадров на новых строящихся современных производствах чипов.

8. В 2024–2025 гг. в мировой экономике и политике возникло несколько опасных тенденций, способных в ближайшие три года оказать разрушительное и тормозящее влияние на развитие мировой экономики и полупроводниковой микроэлектроники, а также вызвать большую турбулентность. К оптимистичным рыночным прогнозам отрасли на ближайшие годы следует относиться настороженно, поскольку заложенные опасные тенденции могут неожиданно сработать.

Некоторые проблемы и особенности мирового рынка силовых широкозонных полупроводников будут рассмотрены в части 2 этой статьи.

Литература

1. Global Semiconductor Market Continues Strong Growth Through 2026. WSTS. June 03. 2025 // www.wsts.org.
2. Боднар Д. Станет ли Дональд Трамп слонем в мировой полупроводниковой лавке? Электронные компоненты. 2025. №3.
3. Claus Aasholm. The Semiconductor Cycle Is Broken. Evertiq. July 02. 2025 // www.evertiq.com.
4. Claus Aasholm On the Ripples and Tsunamis in the Chip Supply Chain. Evertiq. June 23. 2025 // www.evertiq.com.
5. Silicon squeeze: AI's impact on the semiconductor industry. McKinsey & Company. April 30. 2025 // www.mckinsey.com.
6. The Recovery Base Is Fragile, Future Horizons' Penn Says. EETimes. April 15. 2025 // www.eetimes.eu.
7. Wall Street's AI Bubble Is Worse Than the 1999 Dot-com Bubble, Warns a Top Economist. Gizmodo. July 17. 2025 // www.gizmodo.com.
8. Сэм Альтман предупредил, что скоро мошенники начнут массово похищать деньги, подделывая личность с помощью ИИ. 3DNews. 28.07.2025 // www.3dnews.com.
9. AI to Dominate Demand in 2025, While the Electronics Industry Faces Slow Growth in 2026. TrendForce. 13 August 2025 // www.trendforce.com.
10. The GenAI Divide State of AI in Business 2025. MIT NANDA. July 2025 // www.mlq.ai.
11. Leading Countries by Number of Data Centers 2025. Statista. March 21. 2025 // www.statista.com.
12. The Cost of Compute: A \$7 Trillion Race to Scale Data Centers. McKinsey & Company. April 28. 2025 // www.mckinsey.com.
13. U. S. Chamber of Comments on Section 232 National Security Investigation of Imports of Semiconductors. U. S. Chamber of Commerce. May 13. 2025 // www.uschamber.com.
14. Chip Industry Warns U. S. Tariffs, Bans Could Halt Growth. EETimes. April 15. 2025 // www.eetimes.com.
15. Short-Circuited: How Semiconductor Tariffs Would Harm the U. S. Economy and Digital

Industry Leadership. Information Technology and Innovation Foundation (ITIF). May 21. 2025 // www.itif.org.

16. The effects of tariffs on the semiconductor industry. McKinsey & Company. May 27. 2025 // www.mckinsey.com.
17. SK Hynix Surpasses Samsung as Top Memory Maker for First Time. Bloomberg. July 31. 2025 // www.bloomberg.com.
18. Tesla-Samsung \$16.5 Billion Supply Deal May Spur Chipmaker's US Contract Business. Reuters. July 28. 2025 // www.reuters.com.
19. Intel Reportedly Weighs Dropping 18A, Bets on 14A to Attract Clients and Challenge TSMC. TrendForce. July 02. 2025 // www.trendforce.com.
20. Intel's Foundry Future Depends on Securing a Customer for Next-Gen Chipmaking Tech. Reuters. July 25. 2025 // www.reuters.com.
21. The Day After Trump Called Intel's Chief 'Conflicted,' Former Directors Call for a New Company, a New Board, and a New CEO. Fortune. August 8. 2025 // www.fortune.com.
22. Trump Administration Secures 9.9% Stake in Intel (INTC), Citing Strategic Semiconductor Future. Yahoo Finance. August 27. 2025 // www.finance.yahoo.com.
23. Intel Agrees to Sell U. S. a 10% Stake in Its Business. The New York Times. August 22. 2025 // www.nytimes.com.
24. SoftBank Group and Intel Corporation Sign \$2B Investment Agreement. Intel. August 18. 2025 // www.intc.com.
25. Intel and NVIDIA to Jointly Develop AI Infrastructure and Personal Computing Products. Intel Corporation. September 18, 2025 // www.newsroom.intel.com.
26. Intel Lays off Hundreds of Engineers in California, Including Chip Design Engineers and Architects – Automotive Chip Division Also Gets the Axe. Tom's Hardware. June 25. 2025 // www.tomshardware.com.
27. Intel Expects Work Force to Shrink by 25,000. The New York Times. July 24. 2025 // www.nytimes.com.
28. STMicro to Cut 5,000 Jobs in Next 3 Years, Says CEO. Reuters. June 04. 2025 // www.reuters.com.
29. Onsemi to Cut Nearly 2,400 Jobs This Year in Restructuring Push. Reuters. February 26. 2025 // www.reuters.com.
30. NXP Could Cut 1,800 Jobs Amid Market Headwinds. Evertiq. February 05. 2025 // www.evertiq.com.
31. Microsoft Laying off about 6,000 People, Or 3% of Its Workforce. CNBC. May 13. 2025 // www.cnbc.com.
32. The Semiconductor Talent Crisis: Why Growing Demand Can't Find Leaders. SEMI. June 23. 2025 // www.semi.org.
33. Samsung заманивает инженеров на американские фабрики огромными зарплатами – в 1,5–2 раза выше, чем у Intel и TSMC. 3DNews. 24.06.2025 // www.3dnews.com.