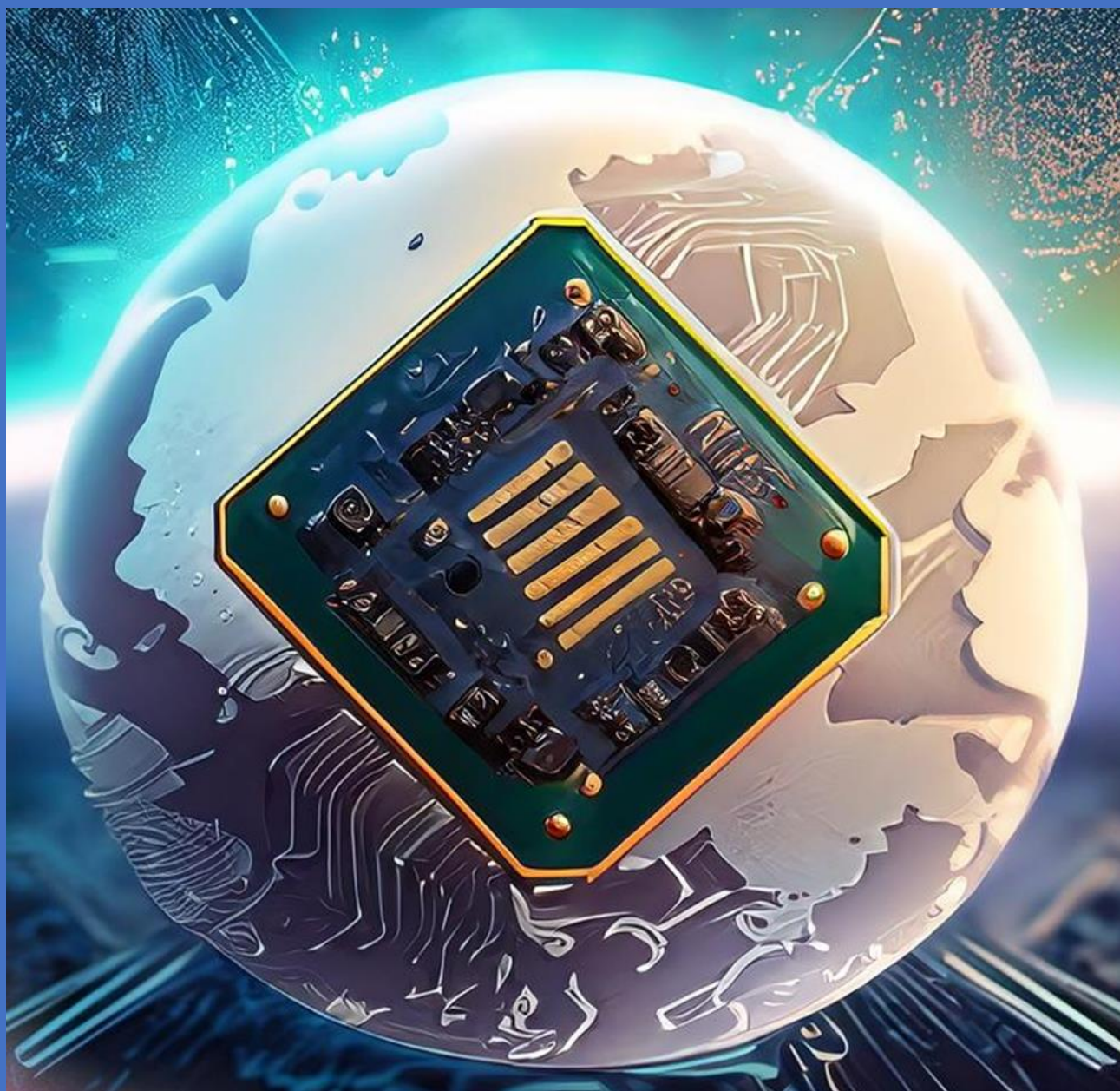


Аналитический обзор

ЧИПЫ: ГЛОБАЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ И СТРАТЕГИИ ЛИДЕРОВ РЫНКА



ЧИПЫ: ГЛОБАЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ И СТРАТЕГИИ ЛИДЕРОВ РЫНКА, обзор, 31 с.,
Москва, 2023 г.

Авторы:

Роман Шамраев, Андрей Игнатъев (Центр глобальной ИТ-кооперации - CGITC)

Краткая аннотация: В обзоре рассматриваются актуальные мировые тенденции в сфере производства полупроводников. Приведен обзор текущих кризисных процессов в отрасли, представлены позиции ключевых игроков рынка, некоторые важные показатели и статистика. На основе собранной информации сделана попытка оценить наиболее вероятные сценарии дальнейшего развития рынка в краткосрочной и среднесрочной перспективе, выработать общие рекомендации для национальных акторов.

Ключевые слова: микроэлектроника, полупроводники, чипы, микросхемы, интегральные схемы, CHIPS Act, FABS Act, European Chips Act



Центр глобальной ИТ-кооперации
info@cgitc.ru

Дизайн и иллюстрации: CGITC (Adobe Firefly)

Правила использования Обзора

Настоящий аналитический Обзор «ЧИПЫ: ГЛОБАЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ И СТРАТЕГИИ ЛИДЕРОВ РЫНКА» (далее – «Обзор») подготовлен специалистами АНО «Центр глобальной ИТ-кооперации».

Информация, приведенная в Обзоре, подпадает под действие законодательства об авторских правах Российской Федерации. Исключительные права на Обзор принадлежат АНО «Центр глобальной ИТ-кооперации» (далее – «Правообладатель»).

Обзор может использоваться в целях ознакомления. Допускается размещение активных ссылок на Обзор в других информационных источниках без непосредственного копирования его содержания. При любом использовании Обзора активная ссылка на источник обязательна.

Частичное или полное воспроизведение и распространение, а также любое коммерческое использование Обзора запрещено без письменного разрешения правообладателя, а также без ссылки на авторов обзора.

Приступая к ознакомлению с Обзором, вы подтверждаете свое согласие с изложенными ниже условиями:

- Правообладатель не принимает на себя обязательств или ответственности за использование информации, содержащейся в Обзоре.
- Обзор носит исключительно информационный характер и составлен на основе публичных (открытых) источников, признанных надежными, однако правообладатель не несет ответственности за точность приведенных данных.
- Выводы, представленные в Обзоре, также носят исключительно информационный характер и основаны на информации, полученной из открытых источников, указанных в соответствующем разделе Обзора.
- Обзор не является юридическим заключением по вопросам, рассмотренным в нем. Правообладатель не несет ответственности за решения, принятые на основании представленных в Обзоре данных.
- Обзор также включает в себя ссылки на сторонние веб-сайты, находящиеся вне контроля правообладателя. Правообладатель не несет ответственности за содержание этих ссылок; такая ответственность во всех случаях возлагается на соответствующего провайдера, либо оператора этих сторонних веб-сайтов. Правообладатель не несет ответственности за доступ к этим веб-сайтам и их содержанию.

Содержание

Введение. Актуальные вызовы и кризисные явления	4
Общая динамика и ключевые риски	7
<i>Торговая война КНР и США</i>	7
<i>Кризисные явления на восточноазиатском рынке</i>	8
<i>Североамериканская консолидация</i>	9
<i>Перспективы развития новых центров отрасли</i>	10
Национальные и региональные проекты и инициативы в отрасли	11
<i>Соединённые Штаты Америки</i>	11
<i>Европейский союз</i>	15
<i>Великобритания</i>	20
<i>Китайская Народная Республика</i>	20
<i>Республика Корея</i>	24
<i>Республика Индия</i>	25
Неоднозначные прогнозы	28
Общие выводы и рекомендации	29



Введение. Актуальные вызовы и кризисные явления

К началу 2023 года мировая микроэлектронная промышленность столкнулась с тройным кризисом: определенным падением спроса на передовые технологии, возрастающей нехваткой высококвалифицированных специалистов и дефицитом микроэлектронной продукции широкого потребления.

После стремительного роста мировой полупроводниковой отрасли, выросшей на 25% в 2021 году (впервые был преодолен рубеж продаж в \$500 млрд),

прогнозировавшийся в 2022 г. рост на 13–14% в течение года корректировался на снижение и к четвертому кварталу замедлился до 4%. Растущие процентные ставки, высокая инфляция, снижение потребительского доверия и спад фондового рынка привели к резкой потере рыночной капитализации: совокупная рыночная капитализация 10 крупнейших мировых компаний по производству чипов снизилась на 34% с \$2,9 трлн в ноябре 2021 года до \$1,9 трлн в ноябре 2022 года.¹ В октябре 2022 года индекс Philadelphia Semiconductor² снизился на 45% с января и завершил год снижением на 37%.

Падение конкуренции в отрасли создает серьезные риски для снижения инновационного потенциала. Так, например, несмотря на официальные заявления о востребованности микрочипов на базе 5-нм техпроцесса и менее (в частности, от южнокорейских корпораций), производители уже терпят убытки из-за отсутствия спроса на наиболее передовую продукцию.

Цены на высококачественную память за минувший год снизились на 50%, средний срок выполнения заказа в целом по отрасли по состоянию на октябрь 2022 года увеличился примерно до 25,5 недель по сравнению со стандартными 10-14 неделями. В результате передовое производство стало все чаще выходить за границы рентабельности, что провоцирует тенденцию как к падению предложения, так и к отсутствию должного спроса.

Параллельно возрастает потребность в продукции прошлых поколений и оптимизации ее производства, в частности, в микроэлектронике на стандартах 50-100 нм. На этом фоне фиксируется нехватка некоторых видов микросхем для бытовых товаров и, в особенности, для автомобильной промышленности (системы управления питанием, микроконтроллеры, модульные дисплеи).

Говоря о микроэлектронной промышленности для автомобилестроения, следует отметить, что в 2022 году она укрепила свои позиции, продемонстрировав существенный рост по сравнению со значительным дефицитом в период пандемии. Однако положительная динамика последних месяцев еще не компенсировала спад в потребительской электронике.

¹ “2023 semiconductor industry outlook”, Deloitte, accessed April 2, 2023 (available through VPN), <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/semiconductor-industry-outlook.html>

² PHLX Semiconductor Sector Index (SOX) — это взвешенный по капитализации индекс, состоящий из 30 полупроводниковых компаний. Компании, входящие в индекс, ведут основную деятельность, связанную с разработкой, распространением, производством и продажей полупроводников. Индекс предназначен для отслеживания динамики котирующихся на бирже полупроводниковых компаний, <https://www.investopedia.com/terms/s/soxx.asp>

По мнению экспертов KPMG, в 2023 году по мере роста доли электромобилей и интенсивным внедрением технологий будет увеличиваться вклад микроэлектронного сегмента в рост автопрома.³ В свою очередь, 21st Century Capital Research Institute считает, что рост спроса на автомобильную электронику, такую как IGBT, SiC и автомобильные датчики, будет стимулировать дальнейший рост производителей автомобильных микросхем.⁴ Прослеживается тенденция к использованию широкоэкранных и многоэкранных дисплеев для транспортных средств, все активнее применяются новые технологии отображения и вывода данных, такие как OLED, MiniLED и HUD, что также способствует росту индустрии полупроводниковых дисплеев.

Если говорить о перспективах, то эксперты (IDC и другие) ориентируются на переломный момент ближе ко второй половине 2023 года и восстановление сегмента в следующем году. Этот прогноз подтверждают и непосредственно производители чипов. Так, руководство корпорации Qualcomm утверждает, что медленный рост большинства сегментов рынка электроники в значительной степени связан с внешними факторами, такими как инфляция. По их мнению, восстановление не будет наблюдаться по крайней мере до второй половины 2023 года.⁵

Специалисты китайской корпорации SMIC также согласны с тем, что изменения и корректировка этого цикла продлится как минимум до конца первой половины 2023 года. Согласно прогнозам от экспертов сегмента мобильных устройств, положительная динамика в этом сегменте рынка не восстановится как минимум до второй половины 2023 года.⁶ Даже учитывая спрос на авансовый запас, восстановления цепочки добычи в ее полном потенциале не предвидится минимум до второй половины 2023 года.

Таким образом, в ответ на удорожание производства, сокращение резерва компонентов для цепочки поставок, а также снижение прибыли многие компании, производящие чипы, сокращают расходы, оптимизируют численность персонала и капитальные затраты на дополнительные мощности.

³ "Global semiconductor industry outlook for 2023", KPMG, accessed March 14, 2023, <https://advisory.kpmg.us/articles/2022/global-semiconductor-industry-outlook-2023.html>

⁴ "Semiconductor Industry 2023 Outlook", JAK Electronics, Jan 11, 2023, accessed January 24, 2023, <https://www.einpresswire.com/article/610667616/semiconductor-industry-2023-outlook>

⁵ "Senior Vice President of Qualcomm: The consumer electronics market will not recover until at least the second half of 2023", Ithome, accessed February 7, 2023, <https://www.ithome.com/0/655/198.htm>

⁶ "SMIC forecasts 2023 revenue drop", Mobile World Live, accessed January 27, 2023, <https://www.mobileworldlive.com/asia/asia-news/smic-forecasts-2023-revenue-drop/>

Ожидается, что капитальные затраты в 2023 году превысят показатели 2020 года, однако будут ниже предварительных ожиданий и оценок.

Общая динамика и ключевые риски

В настоящее время в трендах микроэлектроники наблюдаются разнонаправленные процессы. На фоне кризиса отрасли в ряде сегментов проявляется тенденция на замедление инновационного развития, а также диверсификация производства с акцентом на менее наукоемкие товары широкого спроса. Вместе с тем, лидеры рынка не хотят терять свои позиции, по мере возможности они намерены акцентировать внимание на передовом (high-end) производстве, а также реализовать поэтапный решоринг технологий и цепочек производства. Одновременно с этим предпринимаются усилия по созданию перспективных заделов для новых центров микроэлектронной промышленности и формированию собственного полупроводникового потенциала.

Одним из основных материалов, без которого невозможно изготовить полупроводники, остается кремний, при этом 90% мирового производства кремниевых пластин приходится на долю пяти компаний, причем две из них покрывают 60% производства - речь идет о двух японских фирмах: Shin-Etsu и Sumco. Кремниевые пластины производятся в ряде стран мира, включая США, Японию, Тайвань, Малайзию и Великобританию.

Торговая война КНР и США

Говоря о текущих глобальных трендах развития полупроводниковой отрасли, необходимо отметить активизацию усилий ведущих экономик по поиску выгодных партнерств и альянсов.

Американские власти форсируют кооперацию с Южной Кореей, Японией и Тайванем. Полупроводники являются ключевой частью сотрудничества США с Индией, Японией и Австралией. Так, в контексте многостороннего сотрудничества США предложили создать альянс «Chip-4» Южной Кореи, Японии и Тайваню, которые являются основными поставщиками полупроводников. Каждая из этих стран имеет свои преимущества для разработки и производства чипов. Стремление к такому партнёрству имеет важную общую черту — отсутствие Китая в цепочке поставок.

По сути, этот и другие аналогичные союзы при инициативе Соединенных Штатов создаются с целью отгородить Китай от глобальных цепочек поставок. В середине октября 2022 года американским компаниям и поставщикам из зависящих от Вашингтона стран было предписано ограничить поставки передовой полупроводниковой продукции в Китай, чтобы помешать Пекину вести собственные разработки чипов.⁷ До этого США и Великобритания ввели ряд санкций в отношении крупнейшего мирового производителя телекоммуникационного оборудования - китайской корпорации Huawei. Эксперты отмечают, что в перспективе санкционное давление на Китай со стороны США в этом сегменте будет нарастать, что может в целом обострить экономическое и политическое противостояние между этими странами.

Кризисные явления на восточноазиатском рынке

Неблагоприятный инвестиционный климат, торговая война между КНР и США, а также утечка кадров и ноу-хау негативно сказались на восточноазиатском рынке полупроводников. Это привело к снижению эффективности и рентабельности существующих там мощностей, а также повысило для восточноазиатских компаний риски потерять лидерство на глобальном рынке передовых разработок.

За январь - сентябрь 2022 года на фоне технологического противостояния с США, Китай импортировал 417,1 млрд интегральных схем. Это на 12,8% меньше по сравнению с аналогичным периодом 2021 года, когда страна ввезла 478,3 млрд чипов, нарастив закупки на 23,7%. Также сократился и общий объем производства полупроводников (на 10,8%). Кроме того, зарубежные интегральные схемы стали обходиться КНР дороже. В стоимостном выражении годовой импорт в 2022 году вырос на 1,5% до \$316,9 млрд.⁸

Подобные тенденции переживает и южнокорейская отрасль: второй по величине производитель чипов памяти в мире, южнокорейская компания SK Hynix, решила сократить свою инвестиционную программу более чем на 50% в 2023 году. По данным агентства, решение принято на фоне падения операционной прибыли компании за июль-сентябрь 2022 года с 4,2 трлн вон

⁷ "US Eyes Expanding China Tech Ban to Quantum Computing and AI", Bloomberg, accessed March 12, 2023, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-20/us-eyes-expanding-china-tech-ban-to-quantum-computing-and-ai>

⁸ "Biden Administration Clamps Down on China's Access to Chip Technology", New York Post, Oct 7, 2022, accessed March 16, 2023, <https://www.nytimes.com/2022/10/07/business/economy/biden-chip-technology.html>

(примерно 180 млрд рублей) до 1,66 трлн вон (примерно 71 млрд рублей). Объём предполагаемых инвестиций SK Hynix в будущем году может не превысить 10 трлн вон (примерно 428 млрд рублей). При этом цены на микросхемы в третьем квартале 2022 года упали на 20% во всех сегментах.⁹

На фоне турбулентных тенденций в Азиатско-Тихоокеанском регионе, а также в рамках процесса решоринга своего технологического и интеллектуального капитала, США намерены проводить политику по постепенному перемещению полупроводникового потенциала Тайваня и Южной Кореи на свою территорию (вопросы транзита специалистов и производственных мощностей, а также значимые аспекты, связанные с американским законом CHIPS освещаются в отдельной статье Центра глобальной ИТ-кооперации¹⁰). В конечном итоге решения о выбранной модели развития (оншоринг, ниаршоринг, френдшоринг в тех или иных сочетаниях¹¹) станут определяющими в развитии отрасли на ближайшие годы. Более того, эти решения сформируют и среднесрочную перспективу: новые или расширенные объекты, открытые в 2023 году, скорее всего, будут продолжать работать и в 2030 году, сохраняя прежние цепочки поставок.

Североамериканская консолидация

Попытки укрепить свой технологический потенциал характерны для североамериканского региона в целом. Так, в рамках Саммита лидеров стран Северной Америки было принято решение консолидировать отраслевых производственных и академических экспертов в области полупроводников, ИКТ, биотехнологий и других ключевых передовых производственных и логистических отраслей для обсуждения «дорожной карты» по развитию рабочей силы в Северной Америке в течение следующих пяти лет.¹² Помимо

⁹ "Korea's Chip Output Falls Most Since Global Financial Crisis", Bloomberg, Dec 28, 2022, accessed January 20, 2023, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-12-29/korea-s-chip-output-falls-most-since-global-financial-crisis>

¹⁰ "О мерах США по укреплению кадрового потенциала для производства полупроводников", CGITC, 8 апреля 2022 года, дата посещения 29 января 2023 года, <https://cgitc.ru/groups/analiticheskie-issledovaniya/o-merakh-ssha-po-ukreplenyu-kadrovogo-potentsiala-dlya-proizvodstva-poluprovodnikov/>

¹¹ Лисоволик, Ярослав, "Новая парадигма: френдшоринг", РСМД, 17 февраля 2023 года, дата посещения 2 марта 2023 года, https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/novaya-paradigma-frendshoring/?sphrase_id=96614665

¹² "FACT SHEET: Key Deliverables for the 2023 North American Leaders' Summit", The White House, Jan 10, 2023, accessed January 16, 2023, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/01/10/fact-sheet-key-deliverables-for-the-2023-north-american-leaders-summit/>

этого, было предложено организовать первый в истории трехсторонний форум по полупроводникам с представителями промышленности для адаптации государственной политики и увеличения инвестиций в цепочки поставок полупроводников в Северной Америке. Такая встреча состоялась в мае 2023 года в Вашингтоне - North America Semiconductor Conference, она была проведена при поддержке Ассоциации полупроводниковой промышленности (Semiconductor Industry Association) и Университета штата Аризона (Arizona State University). На конференции присутствовали высокопоставленные представители отрасли и члены кабинета министров США, Мексики и Канады. На полях мероприятия были согласованы меры по имплементации решений в рамках трехстороннего сотрудничества, а также приняты дополнительные соглашения по межгосударственному взаимодействию в полупроводниковой сфере.¹³ Главы трех упомянутых выше стран заявили о координации усилий по картированию цепочки поставок полупроводников для выработки коллективного понимания неудовлетворенных потребностей. По их мнению, это поможет выявить дополнительные инвестиционные возможности сотрудничества.

Перспективы развития новых центров отрасли

В рамках происходящих процессов и перебалансировки глобальных производственных цепочек в качестве новых, потенциально перспективных центров производства полупроводников начинают позиционировать себя ЕС, Великобритания, Индия и другие региональные игроки.

Эксперты склоняются к тому, что новым региональным участникам будет сложно доказать свою состоятельность как мощных полюсов развития, по крайней мере, в ближайшей перспективе. Значимые прямые и портфельные вливания с их стороны не всегда находят резонанс среди внешних партнеров из «старых» центров развития микроэлектроники. Так, Европа, Африка, Латинская Америка пока не выглядят достаточно привлекательными и надежными регионами для укрепления сотрудничества с инвесторами из TSMC, Intel и др.

¹³ "Joint statement on the launch of the North American Semiconductor Conference and North American Ministerial Committee on Economic Competitiveness", Government of Canada, May 24, 2023, accessed June 5, 2023, <https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2023/05/trilateral-statement-launch-of-the-north-american-semiconductor-conference-and-north-american-ministerial-committee-on-economic-competitiveness.html>

Необходимо учитывать, что на текущий момент европейский микроэлектронный сегмент представляет небольшой интерес для крупных производителей в сравнении с уже утвердившимися глобальными лидерами индустрии. Такой ситуации способствует целый ряд негативных факторов: во-первых, энергетический кризис и, как следствие, неблагоприятный инвестиционный климат, во-вторых, отсутствие должного финансирования и, в-третьих, большие сомнения и нежелание ведущих платформ, таких как Samsung или та же TSMC, развивать производство на территории Европы.

В данном контексте придать импульс становлению новых перспективных производственных кластеров способен Китай. Особенно это актуально в свете растущих объемов инвестиций со стороны КНР в развивающиеся регионы, расширения торговых связей, а также постковидной разморозки активности в рамках инициативы «Один пояс - один путь».

Тем не менее, европейские законодатели делают ставку на развитие собственных цепочек производства с опорой на внутренние ресурсы, а также инвесторов из США, Тайваня, Сингапура и т.п. Китайскому участию в развитии европейского полупроводникового сегмента препятствуют меры по ужесточению правил экспорта передовых полупроводниковых технологий в Китай, принятые правительством США в октябре 2022 года. Все это в среднесрочной перспективе может негативно повлиять на развитие цепочек производства в европейском и других регионах, а по мнению американских производителей - отчасти и на развитие отрасли в самих Соединенных Штатах.¹⁴

Национальные и региональные проекты и инициативы в отрасли

Соединённые Штаты Америки

В конце июля 2022 года конгресс США принял «Закон о чипах» («CHIPS and Science Act»), направленный на поддержку собственных производителей электроники. Согласно документу, общие расходы на развитие отрасли составят \$280 млрд.¹⁵ В рамках Закона на исследования, разработку,

¹⁴ "Производители чипов из США признали, что технологические санкции против Китая ударят и по ним", 3DNews, 30 января 2023 года, дата посещения 17 февраля 2023 года, <https://3dnews.ru/1081074/v-ssha-nachinayut-osoznavat-vred-ot-tehnologicheskikh-sanktsiy-protiv-kitaya-dlya-svoey-mestnoy-industrii>

¹⁵ "Congress OKs \$280B package to aid computer chip firms, counter China", New York Post, Jul 28, 2022, accessed March 16, 2023, <https://nypost.com/2022/07/28/congress-oks-280b-package-to-aid-chip-firms-counter-china/amp/>

производство полупроводников и развитие рабочей силы в микроэлектронной отрасли из бюджета выделяются \$52,7 млрд. Эта сумма включает \$39 млрд на стимулирование производства, в т.ч. \$2 млрд на чипы прошлого поколения, используемые в автомобилях и оборонных системах, \$13,2 млрд на исследования и разработки и развитие рабочей силы и \$500 млн для обеспечения международной безопасности информационно-коммуникационных технологий и деятельности цепочки поставок полупроводников. Также закон предоставляет 25-процентный инвестиционный налоговый кредит на капитальные затраты на производство полупроводников и сопутствующего оборудования. Предполагается, что эти стимулы «обеспечат внутреннее снабжение, создадут десятки тысяч высокооплачиваемых профсоюзных рабочих мест в строительстве и еще тысячи высококвалифицированных рабочих мест в обрабатывающей промышленности, а также станут катализатором дополнительных сотен миллиардов частных инвестиций».¹⁶

Закон требует, чтобы получатели субсидий продемонстрировали значительные инвестиции в рабочую силу, включая возможности для малого бизнеса и неблагополучных сообществ, гарантируя, что стимулы для полупроводников поддерживают справедливый экономический рост и развитие. Выделяемые средства имеют строгие ограничения, гарантирующие, что получатели не будут строить определенные объекты в Китае и других «странах, вызывающих обеспокоенность».

В сентябре 2022 года в рамках имплементации закона была создана межведомственная экспертная рабочая группа по вопросам реализации проектов для высокотехнологичного производства (Interagency expert working group on permitting and permitting-related project delivery issues for high-tech manufacturing).

В рамках Исполнительной канцелярии президента из числа федеральных министров, помощников президента и руководителей профильных ведомств был создан Руководящий совет по внедрению CHIPS (Steering Council), осуществляющий координацию разработки политики для обеспечения эффективной реализации Закона в рамках исполнительной власти. Также к

¹⁶ “FACT SHEET: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China”, The White House, Aug 09, 2022, accessed January 14, 2023, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/fact-sheet-chips-and-science-act-will-lower-costs-create-jobs-strengthen-supply-chains-and-counter-china/>

работе по имплементации Закона, исследованиям и разработкам в полупроводниковой отрасли активно подключается Консультационный совет по науке и технологиям при президенте США (The President's Council of Advisors on Science and Technology - PCAST¹⁷).

Другой масштабный «Закон о содействии производству полупроводников в США» (Facilitating American-Built Semiconductors Act - FABS Act¹⁸) предусматривает выделение еще \$52 млрд из федерального бюджета на строительство заводов, осуществляющих выпуск полупроводниковых элементов и электронных систем.¹⁹ При этом следует учитывать важную деталь - правительство надеется на то, что отечественные компании инвестируют средства в развитие собственных заводов и фабрик. Показательным является и следующее условие субсидирования: компании, получившие свыше \$150 млн прямого финансирования, будут обязаны делиться с правительством США частью денежных поступлений, превышающих порог, заранее прогнозируемый получателем помощи, проще говоря, частью дополнительной прибыли.²⁰ В числе таких компаний следует выделить несколько основных:

1) Intel. Единственная компания, выделившая более \$40 млрд на строительство новых фабрик в США. В прошлом году компания начала строить Fab 52 и Fab 62 в штат Аризона.²¹ Объекты будут использоваться для производства чипов по технологии «Intel 20А», что, по предварительным данным, должно соответствовать 5-нм техпроцессу,²² в производстве GAAFET-транзисторов и более производительных и при этом энергоэффективных схем.

¹⁷ “President’s Council of Advisors on Science and Technology”, The White House, accessed January 15, 2023, <https://www.whitehouse.gov/pcast/>

¹⁸ S.2107 - FABS Act, US Congress official site, accessed January 15, 2023, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/2107>

¹⁹ “Министерство торговли США планирует субсидии в \$52 млрд на производство чипов”, Хабр, 28 июня 2022, дата посещения 24 января 2022 года, <https://habr.com/ru/companies/dcmiran/news/673806/>

²⁰ “Biden to require chips companies winning subsidies to share excess profits”, Reuters, Mar 1, 2023, accessed March 10, 2023, <https://www.reuters.com/technology/us-require-companies-winning-chipmaking-subsidies-share-excess-profits-2023-02-28/>

²¹ “Intel Breaks Ground on Two New Leading-Edge Chip Factories in Arizona”, Intel, accessed February 13, 2023 (available through VPN), <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/intel-breaks-ground-two-new-leading-edge-chip-factories-arizona.html#gs.70bkcd>

²² “Intel Process Roadmap Through 2025: Renamed Process Nodes, Angstrom Era Begins”, Tom’s Hardware, Aug 4, 2021, accessed February 15, 2023, <https://www.tomshardware.com/news/intel-process-packaging-roadmap-2025>

2) GlobalFoundries. Компания анонсировала выделение около \$1 млрд для расширения действующего промышленного объекта Fab 8. Также планируется строительство нового завода в городе Мальта, штат Нью-Йорк.²³

3) Samsung Foundry (американское подразделение компании, сформированное в 2005 году). Сейчас Samsung Foundry выпускает продукцию для американских потребителей в Остине, штат Техас. Речь идет о вполне современных чипах, выполненных по техпроцессу 32 нм, 28 нм, и 14 нм. Сейчас подразделение планирует построить еще один завод близ Тейлора, штат Техас. Проект предварительно оценивают в \$17 млрд.²⁴ Согласно планам компании, ее запуск должен состояться во второй половине 2024 года. Подробности о характеристиках продукции этой фабрики пока отсутствуют, но, по предварительным данным, объект будет выпускать чипы по технологии 3 нм.

4) Texas Instruments. Эта компания — один из крупнейших производителей не самых сложных, но весьма необходимых компонентов для большого количества устройств (аудиоусилители, контроллеры питания и другие системы). Всего в портфолио компании сейчас около 45 тыс. различных продуктов. Во время пандемии спрос на большинство продуктов вырос, так что компания приняла решение расширяться — она строит новую фабрику, которая должна быть готова к 2025 году. Объект возводится в Техасе и является одним из наиболее дорогих проектов для штата: его полная стоимость составляет около \$30 млрд.²⁵

В контексте текущего развития микроэлектронной индустрии в США необходимо упомянуть новый «Национальный стратегический план по развитию ИИ» (National Artificial Intelligence R&D Strategic Plan).²⁶ Данный документ был опубликован Национальным советом по науке и технике при Президенте США в мае 2023 года. В нем отмечается, что нынешний ренессанс

²³ “GlobalFoundries Plans to Build New Fab in Upstate New York in Private-Public Partnership to Support U.S. Semiconductor Manufacturing”, GlobalFoundries, Jul 19, 2021, accessed February 20, 2023, <https://gf.com/dresden-press-release/globalfoundries-plans-build-new-fab-upstate-new-york-private-public-partnership/>

²⁴ “Samsung to Build \$17 Billion Texas Fab”, Tom’s Hardware, Nov 24, 2021, accessed February 20, 2023, <https://www.tomshardware.com/news/samsung-to-build-dollar17-billion-texas-fab>

²⁵ “Texas Instruments breaks ground on new 300-mm semiconductor wafer fabrication plants in Sherman, Texas”, Texas Instruments, May 18, 2022, accessed February 22, 2023, <https://news.ti.com/texas-instruments-breaks-ground-on-new-300-mm-semiconductor-wafer-fabrication-plants-in-herman-texas>

²⁶ “The National Artificial Intelligence R&D Strategic Plan”, US National Science And Technology Council, May 2023, accessed June 6, 2023, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/05/National-Artificial-Intelligence-Research-and-Development-Strategic-Plan-2023-Update.pdf>

в области глубокого обучения и генеративного искусственного интеллекта напрямую связан с прогрессом в полупроводниковом производстве (аппаратными технологиями на базе графических процессоров и ускорителей, улучшениями памяти, алгоритмов ввода/вывода, тактовых частот, многопоточности и энергоэффективности). Авторы документа подчеркивают, что «еще более высокий уровень производительности обеспечит разработка аппаратного обеспечения, оптимизированного для алгоритмов искусственного интеллекта». Особый акцент предлагается сделать на «нейроморфные» процессоры, построенные на базе исследований человеческого мозга и оптимизированные для работы нейронных сетей. Таким образом, можно ожидать активизации усилий США по разработке платформ такого типа.

Европейский союз

Еще в 2020 году в целях предупредить дефицит кадров в инженерно-технической отрасли (в частности, в сфере производства полупроводников) ЕС предложил заинтересованным сторонам заключить «Пакт о повышении квалификации» (Pact for Skills). Реализация документа была рассчитана до 2025 года и подразумевала вовлечение в программу повышения квалификации до 250 тыс. человек с совокупным финансированием €2 млрд. Предполагалось, что программы будут реализовываться в рамках опытных проектов в ведущих европейских кластерах электроники.²⁷

В продолжение заданного Пактом курса в июле 2021 года Еврокомиссия учредила Европейский альянс по процессорам и полупроводниковым технологиям, объединяющий ключевых участников для разработки и производства чипов микроэлектроники.²⁸ Данная структура призвана укрепить сотрудничество в рамках европейских инициатив и предоставить ЕС необходимые возможности в области полупроводниковых технологий для обеспечения его критически важной цифровой инфраструктуры и сетей связи. Альянс будет поддерживать ряд секторов и технологий, включая автомобилестроение, промышленную автоматизацию, здравоохранение и системы на основе искусственного интеллекта.

Наиболее масштабным шагом, способствующим развитию отрасли, стал общеевропейский план «Digital Compass», анонсированный Еврокомиссией в

²⁷ “SEMI Applauds Launch of EU Pact for Skills to Mobilize 2 Billion Euro Investment in Microelectronics Talent”, Semiconductor Digest, Nov 20, 2020, accessed January 28, 2023, <https://www.semiconductor-digest.com/semi-applauds-launch-of-eu-pact-for-skills-to-mobilize-2-billion-euro-investment-in-microelectronics-talent/>

²⁸ “The European Chips Act”, accessed April 26, 2023, <https://european-chips-act.com/>

сентябре 2021 года. План подразумевает создание в Европе собственной микроэлектронной экосистемы, включающей разработку и производство чипов. В рамках полупроводниковой стратегии ЕС было задекларировано пять основных целей:

- укрепление лидерства Европы в области исследований и технологий;
- создание и укрепление собственного потенциала для внедрения инноваций в проектирование, производство и упаковку передовых чипов и превращение их в коммерческие продукты;
- создание адекватной основы для существенного увеличения собственных производственных мощностей к 2030 году;
- решение проблемы дефицита квалифицированных кадров, привлечение новых талантов и поддержка формирования квалифицированной рабочей силы;
- выработка глубокого понимания глобальных цепочек поставок чипов.²⁹

Согласно плану ЕС, к 2030 году на его долю должно приходиться около 20% глобального производства полупроводников (при исходных <10%). Отдельно еврокомиссар по вопросам внутреннего рынка Тьерри Бретон высказывался о необходимости учредить Европейский полупроводниковый фонд, призванный «гарантировать надежность поставок и помочь создать новые рынки для передовых европейских технологий».³⁰

В рамках выполнения данного плана осенью 2022 года ЕС принял программу развития полупроводникового сектора - «Закон о европейских чипах» (The European Chips Act).

На указанные цели страны Евросоюза готовы выделить €43 млрд. Программа, в частности, предполагает разрешение производителям полупроводников обращаться за помощью к правительствам своих стран. Однако требование ряда стран разрешить всем производителям обращаться за субсидиями принято не было.³¹

Дискуссии вызвал пункт об использовании фондов ЕС. Изначально бюджет ЕС должен был поддержать инициативу на €1,65 млрд (по программе Horizon

²⁹ 2022/0032(COD) - 09/02/2022 – Chips Act, European Parliament Legislative Observatory, accessed April 26, 2023, <https://oeil.secure.europarl.europa.eu/oeil/popups/summary.do?id=1692567&t=d&l=en>

³⁰ "The European Chips Act, Links", accessed April 28, 2023, https://www.european-chips-act.com/European_Chips_Act_Links.html

³¹ "Semiconductors: MEPs adopt legislation to boost EU chips industry", European Parliament News, Jan 24, 2023, accessed April 27, 2023, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230123IPR68617/semiconductors-meps-adopt-legislation-to-boost-eu-chips-industry>

Europe³²) и €1,65 млрд (по программе Digital Europe³³). Из общей суммы в €3,3 млрд в рамках совместного развития полупроводников будут реализованы €2,875 млрд.³⁴ Однако €400 млн, которые предполагалось выделить на НИОКР, не удалось перераспределить из-за разногласий между участниками. Поводом стало требование ряда небольших европейских стран о перераспределении средств: были выражены опасения, что деньги поступят в основном крупным странам, таким как Германия.

В целом, по мнению ряда экспертов, в стремлении увеличить объём производимых чипов, ЕС делает ставки, которые не гарантируют конечного успеха. План европейских властей может столкнуться с проблемами ввиду различных причин, среди которых западные эксперты выделяют несколько основных.³⁵

Новая программа поддержки полупроводниковой отрасли является самым амбициозным планом ЕС по запуску долгосрочной промышленной политики, направленной на укрепление своей экономической мощи для конкуренции с США и Китаем. Однако эта политика не прошла проверку, а в прошлом подобные интервенционистские политики реализовывались в ЕС не лучшим образом. Попытки запустить долгосрочную промышленную политику ранее не увенчались успехом, они не идут ни в какое сравнение с мощностью Китая и тактикой правительства США, которые в полной мере используют собственный промышленный комплекс. Реализация нового плана ЕС станет своеобразным индикатором, который позволит оценить способность Еврокомиссии реализовать промышленную политику такого масштаба.

Другим препятствием к технологическому прорыву является отсутствие в континентальной Европе крупного микроэлектронного кластера. Ещё в 2021 году Тьерри Бретон заявлял, что один из тройки крупнейших мировых производителей чипов (TSMC, Samsung и Intel) построит в Европе современный завод микроэлектроники. TSMC, лидирующая в отрасли, пока не

³² “Horizon Europe”, European Commission, Research and innovation, accessed April 27, 2023, https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

³³ “The Digital Europe Programme”, European Commission, Shaping Europe’s digital future, accessed April 27, 2023, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/digital-programme>

³⁴ 2022/0033(NLE) - 08/02/2022 – Joint Undertakings under Horizon Europe: Chips Joint Undertaking, European Parliament Legislative Observatory, accessed April 28, 2023, <https://oeil.secure.europarl.europa.eu/oeil/popups/summary.do?id=1692545&t=d&l=en>

³⁵ “Europe has a chips plan — here are 6 things that could kill it”, Politico, Feb 8, 2022, accessed Mar 20, 2023, <https://www.politico.eu/article/european-union-chips-industrial-policy-european-chips-act-semiconductors/>

делала каких-либо заявлений относительно европейских инвестиций. Летом 2021 года было объявлено о начале предварительных переговоров о строительстве завода в Германии, но с тех пор новой информации об этом не было. Позднее TSMC объявила о намерении инвестировать в расширение производств в США (\$12 млрд),³⁶ Японии (\$7 млрд)³⁷ и Китае (\$2,8 млрд). В Samsung не демонстрировался энтузиазм по поводу строительства новых мощностей в Европе. Intel, генеральный директор которой наладил отношения с руководством евроинститутов, анонсировала расширение своего присутствия в ЕС, и новая политика блока могла бы этому способствовать. Однако для Intel контрактное производство чипов является новым направлением бизнеса, поэтому трудно оценить, насколько успешным оно станет в будущем. Ключевым же шагом в этом процессе в марте 2022 года должно было выступить инвестиционное соглашение с правительством ФРГ на €17 млрд о создании заводского комплекса Intel по производству чипов в Магдебурге.³⁸ Однако в июне 2023 года министр финансов ФРГ Кристиан Линднер объявил об отказе в выделении средств на строительство из бюджета³⁹, аргументировав это исчерпанием федеральных резервов на фоне кризисных явлений в экономике страны. Таким образом, под вопрос было поставлено будущее микроэлектронных проектов в Европе не только Intel, но и других корпораций.

Также необходимо понимать, что, несмотря на обещания официальных лиц ЕС и США воздерживаться от инвестиционной гонки, новая стратегия ЕС в отношении полупроводниковой отрасли выступает зеркальной мерой в отношении американского пакета финансирования производителей чипов на \$52 млрд (в рамках упомянутого выше «FABS Act»).

Инвестиции ЕС в размере €43 млрд до 2030 года формируются из государственных вложений и заемного капитала. Большая часть инвестиций ЕС представляет собой финансирование исследований, предназначенных для

³⁶ "Chip-Making Juggernaut TSMC Eyes Multibillion-Dollar Arizona Factory Expansion", WSJ, Nov 9, 2022, accessed April 4, 2023, https://www.wsj.com/articles/chip-making-juggernaut-tsmc-eyes-multibillion-dollar-arizona-factory-expansion-11667973859?mod=hp_lead_pos12

³⁷ "TSMC построит в Японии полупроводниковый завод за \$7 млрд долларов", Время электроники, 11 ноября 2021 года, дата посещения 7 апреля 2023 года, <https://russianelectronics.ru/2021-11-11-tsmc-sony/>

³⁸ "Intel Plans \$19 Billion German Mega Factory in European Push", Bloomberg, Mar 15, 2022, accessed April 10, 2023, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-03-15/intel-plans-19-billion-german-factory-in-bid-for-lastest-chips>

³⁹ "Министр финансов Германии заявил об отсутствии средств в немецкой казне", Ход мыслей, 16 июня 2023 года, дата посещения 17 июня 2023 года, <https://hodmysley.ru/ministr-finansov-germanii-zajavil-ob-otsutstvii-sredstv-v-nemeckoj-kazne/>

полупроводниковой отрасли. \$52 млрд инвестиций США в отрасль выделяются из федерального бюджета, при этом власти американских штатов заявляли о готовности выделить значительные суммы для привлечения полупроводниковых компаний на свою территорию. Частный капитал также принимает активное участие в этой деятельности, инвестируя свои средства в микроэлектронную отрасль.

Автомобильная промышленность, оставаясь одним из ключевых сегментов экономики Европы, весьма серьезно пострадала от глобального дефицита чипов. Руководители автомобилестроительных компаний давно пытаются убедить власти ЕС в необходимости мер, направленных на снижение зависимости отрасли от зарубежных поставщиков. Эти меры должны реализовываться в среднесрочной перспективе, и, чтобы избежать подобных кризисов в будущем, но и на текущем этапе, автопром нуждается в решениях, которые помогут в кратчайшие сроки снизить давление на отрасль.

Однако еврочиновники склоняются к необходимости запуска передовых производств по 5-нм техпроцессу и меньше, в то время как автопром широко применяет компоненты, исполненные по техпроцессам от 14 нм и больше. Власти обусловили такой выбор приоритетов тем, что внедрение передовых производств является прежде всего шагом на перспективу, когда «high-end» микроэлектроника получит широкое распространение. «Европейский закон о чипах не является решением проблемы дефицита полупроводников. Мы должны предвосхитить кризисные явления, пока находящиеся на горизонте», — заявила Заместитель председателя Еврокомиссии, еврокомиссар по вопросам конкуренции и развития цифровой экономики Маргрет Вестагер.⁴⁰

Применительно к европейской политике стоит также упомянуть инициативу по финансированию промышленности, запущенную на фоне дефицита чипов в Европе в связи с пандемией коронавируса. Для этого были мобилизованы огромные средства ЕС, направленные на восстановление и поддержание устойчивости, благодаря чему и был собран пакет инвестиций в несколько миллиардов долларов. Однако с ростом инфляции интерес к масштабным государственным инвестициям снижается, в том числе в ключевой стране ЕС - Германии, о чем, вероятно, свидетельствует и кейс с отказом финансировать проект Intel.

⁴⁰ “Europe has a chips plan — here are 6 things that could kill it”, Politico, Feb 8, 2022, accessed Mar 20, 2023, <https://www.politico.eu/article/european-union-chips-industrial-policy-european-chips-act-semiconductors/>

На фоне вышеописанных кризисных тенденций европейские институты власти активно перераспределяют нагрузку между членами ЕС, надеясь так или иначе осуществить планы по развитию отрасли. В частности, в июне 2023 года Еврокомиссия одобрила масштабную программу IPCEI ME/CT (Important Project of Common European Interest MicroElectronics and Communication Technologies ⁴¹) по поддержке отрасли полупроводников. На развитие микроэлектроники и коммуникационных технологий будут выделяться государственные гранты в объеме более €8 млрд. Программа объединит усилия 14 европейских стран. Помимо государственных грантов, еврочиновники также рассчитывают привлечь частные инвестиции на сумму около €13,7 млрд и расширение бюджета проекта до €22 млрд. Насколько эти ожидания оправданы в условиях текущего кризиса, покажет будущее.

Великобритания

В мае 2023 года власти страны объявили о выделении £1 млрд на развитие полупроводниковой промышленности в ближайшие 10 лет. Планируется, что первый транш в размере £200 млн будет распределен до 2025 года.

В Соединенном Королевстве реализуется, хотя и с большими задержками, долгосрочная стратегия по развитию индустрии полупроводников. Проблемы, по оценке специалистов, связаны прежде всего с новыми назначениями и кадровыми перестановками в правительстве.

Стратегия британцев, в отличие от США и ЕС, будет сосредоточена на развитии т. н. «бесфабричных» компаний, которые будут специализироваться главным образом на продаже технологий.

Китайская Народная Республика

Обеспечение непрерывных поставок чипов становится для КНР вопросом национального приоритета. Сегодня именно полупроводниковая продукция составляет важнейшие статьи внешней торговли страны. На КНР сейчас приходится около 25% от общемирового производства полупроводников.

⁴¹ "State aid: Commission approves up to €8.1 billion of public support by fourteen Member States for an Important Project of Common European Interest in microelectronics and communication technologies", European Commission Press Release, Jun 8, 2023, accessed Jun 9, 2023, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3087

Еще в 2014 году в КНР была запущена инициатива «Сделано в Китае 2025» (Made in China 2025). В рамках данной инициативы был создан Фонд интегральных схем (Integrated Circuit Fund) для поддержки развития местной электронной промышленности.⁴² Фонд действует как юридическое лицо при Министерстве промышленности и информационных технологий и Министерстве финансов, а ключевым акционером управляющей компании фонда Sino IC Capital выступает Банк развития Китая. Уже в первом раунде финансирования ICF привлек \$21,8 млрд. А в 2019 году в рамках второй фазы фонд получил финансирование в объеме \$29,08 млрд.⁴³

Вопрос обеспечения микросхемами и микроэлектроникой оказывает влияние на все цифровые области развития, в т. ч. и на приоритетное для китайского руководства направление - разработку сетей 5G и 6G. Компания Huawei в настоящий момент является лидером по объему патентов в сфере 5G (по данным фирмы Tech+IP на июнь 2022 года, доля от общего количества патентов – 12,8%)⁴⁴. В гонке заявок на патенты разрабатываемых технологий 6G по итогам 2021 года Китай также занимал передовую позицию – 40,3% от общемирового числа заявок (на втором месте находятся США с долей 35,2%).⁴⁵

По данным Министерства промышленности и информационных технологий КНР, 5G широко используется в более чем 200 «умных» шахтах, на более чем 1 тыс. «умных» заводах, в более чем 180 «умных» сетях электроснабжения, 89 портах и более чем 600 больницах по всему Китаю.

Впечатляющих успехов Китай добился в квантовой информатике. В 2016 году КНР запустила первый в мире спутник квантовой связи «Мо-цзы», в июле 2022 года – второй, более продвинутый, спутник «Цзинань-1». В 2020 году Китай создал первую в мире мобильную станцию для связи со спутником по

⁴² "How China's 'Big Fund' is helping the country catch up in the global semiconductor race", SCMP, May 10, 2018, accessed January 19, 2023, <https://www.scmp.com/tech/enterprises/article/2145422/how-chinas-big-fund-helping-country-catch-global-semiconductor-race>

⁴³ "How China's 'Big Fund' is helping the country catch up in the global semiconductor race", SCMP, May 10, 2018, accessed January 19, 2023, <https://www.scmp.com/tech/enterprises/article/2145422/how-chinas-big-fund-helping-country-catch-global-semiconductor-race>

⁴⁴ "Huawei удержал первенство по патентам LTE/5G", Comnews, 10 июня 2022 года, дата посещения 21 января 2023 года, <https://www.comnews.ru/content/220669/2022-06-10/2022-w23/huawei-uderzhal-pervenstvo-patentam-lte5g#:~:text=По%20данным%20американской%20исследовательской%20фирмы,составляющей%20почти%20044%20тыс.%20патентов>

⁴⁵ Волошина, Анна, "Высокотехнологичный полет китайского дракона", Независимая газета, 13 декабря 2022 года, дата посещения 6 февраля 2023 года, https://www.ng.ru/nauka/2022-12-13/9_9814_dragon.html

каналу, защищенному методами квантовой криптографии. В 2021 году была развернута первая в мире интегрированная сеть квантовой связи из более чем 700 оптических сегментов и с двумя станциями космической связи с передачей данных по спутниковым каналам общей протяженностью до 4600 км.⁴⁶

В 2020 году успешно испытан прототип квантового компьютера «Цзючжан». Таким образом, Китай стал второй страной в мире после США, достигшей «квантового превосходства». А в июле 2021 года китайские исследователи продемонстрировали квантовый компьютер «Цзу Чунчжи», сместивший Sycamore от Google с позиции самого мощного в мире квантового компьютера.

Учитывая эти факты, вполне понятно желание Пекина как можно быстрее запустить собственные экосистемы по производству полупроводников. Китай вкладывает более \$100 млрд в строительство китайских производств и пытается организовать местное производство оборудования для работы с пластинами и EDA.⁴⁷

По данным Reuters, в 2023 году на развитие национальной полупроводниковой отрасли власти Китая могут выделить до \$143 млрд. Также правительство КНР готовит пакет мер по поддержке китайской полупроводниковой промышленности, который предусматривает выделение субсидий и льгот на общую сумму более 1 трлн юаней, что делает ее беспрецедентной программой за последние пять лет.⁴⁸

Основная часть средств будет направлена на субсидирование закупок производственного оборудования китайскими компаниями, которые занимаются выпуском чипов. Покупателям отечественного оборудования будут предоставляться субсидии в размере до 20 % понесённых затрат. По замыслу, это позволит стимулировать выпуск китайского литографического оборудования, поскольку доступ к каналам импорта планомерно перекрывается под нажимом властей США. Помимо производственных предприятий, на финансовую поддержку правительства смогут претендовать

⁴⁶ "В Китае создана крупнейшая в мире сеть квантовой связи", Вести Наука, 7 января 2021 года, дата посещения 10 февраля 2023 года, <https://www.vesti.ru/nauka/article/2507542>

⁴⁷ "Как устроена экосистема полупроводниковой индустрии", Хабр, 17 мар 2022, дата посещения 8 января 2023, <https://habr.com/ru/articles/656071/>

⁴⁸ "Exclusive: China readying \$143 billion package for its chip firms in face of U.S. curbs", Reuters, Dec 14. 2022, accessed January 20, 2023, <https://www.reuters.com/technology/china-plans-over-143-bln-push-boost-domestic-chips-compete-with-us-sources-2022-12-13/>

китайские исследовательские центры. Высокотехнологичным компаниям этого сектора также будет предложено льготное налогообложение.

Тайвань

Тайваньская компания TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) является мировым лидером в области полупроводников; в 2021 году ею производилось до 92% высокотехнологичных чипов мира.⁴⁹ Компанией налажена полная цепочка поставок для замкнутого цикла производства полупроводников. Чистая прибыль TSMC за двенадцать месяцев на 30 сентября 2022 года выросла на 45% в сравнении с предыдущим аналогичным периодом,⁵⁰ а в 2023 году аналитики из Institute for Information Industry прогнозируют рост тайваньской индустрии чипов на 1,7%.⁵¹

Тем не менее, для сохранения рентабельности и безопасности тайваньские производители вынуждены поддержать тенденцию по транзиту инновационного производства в США. Так, на церемонии открытия завода TSMC в Фениксе, Аризона, в декабре 2022 года основатель компании М. Чанг анонсировал рост инвестиций до \$40 млрд и запуск в 2026 году второй фабрики по производству чипов 5-нм и 3-нм.

Тайвань рассчитывает на финансирование своих «френдшоринговых» проектов со стороны США. Однако велик риск того, что крупные производители, такие как Intel, навяжут китайцам борьбу за диверсификацию производства и параллельно предпримут попытку переманить кадровые ресурсы TSMC. Кроме того, руководство компании признает, что транзит мощностей повлечет удорожание продукции на 55%.⁵² Таким образом, вопрос поддержания рентабельности для тайваньских изготовителей чипов не только сохраняется, но и обострится по мере реализации крупных проектов мировыми конкурентами.

⁴⁹ "Semiconductors and Taiwan's 'Silicon Shield'", Stimson, Aug 16, 2022, <https://www.stimson.org/2022/semiconductors-and-taiwans-silicon-shield/>

⁵⁰ "Taiwan Semiconductor Industry—rise of global monopoly from a virtuous cycle", The Waves, Jan 11, 2023, accessed July 17, 2023, <https://www.the-waves.org/2023/01/11/taiwan-semiconductor-industry-rise-of-global-monopoly-from-a-virtuous-cycle/>

⁵¹ "Taiwan semiconductor industry likely to see single-digit growth in 2023, say analysts", DigiTimesAsia, Oct 6, 2022, <https://www.digitimes.com/news/a20221006VL201/semiconductor-taiwan-tsmc.html>

⁵² "Taiwan's dominance of the chip industry makes it more important", The Economist, Mar 6, 2023, accessed July 17, 2023, <https://www.economist.com/special-report/2023/03/06/taiwans-dominance-of-the-chip-industry-makes-it-more-important>

Республика Корея

В предшествующие десятилетия корейская микроэлектроника была сосредоточена на продвижении полупроводниковой памяти на основе стратегии выбора и целенаправленности. В результате Samsung и SK Hynix стали ведущими игроками на глобальном рынке памяти, а страна уже создает 3-нм чипы и планирует производство 2-нм к 2025 году и 1,4-нм к 2027 году.⁵³

Однако в свете четвертого технологического перехода для РК стало важным развить сектора, не связанные с памятью, конкурируя с тайваньской TSMC и другими компаниями. Кроме того, экосистема корейской полупроводниковой промышленности имеет существенные уязвимости в рабочей силе, материалах, компонентах и оборудовании. По оценкам профильного министерства, в ближайшие 10 лет отрасли потребуется примерно 150 тыс. новых кадров.⁵⁴

В связи с этим, руководствуясь необходимостью развития системных полупроводников, корейское правительство приняло «System Semiconductor Vision and Strategy» (2019) и «K-Semiconductor (Belt) Strategy» (2021). Обе стратегии подразумевают рост конкурентоспособности и расширение внутреннего производства за счет укрепления отраслевой экосистемы.⁵⁵ На разработку чипов следующего поколения выделяют субсидии в размере 1,5 трлн вон и льготные кредиты на сумму 1 трлн вон.

С помощью комплекса мер поддержки РК намерена более чем удвоить ежегодные поставки чипов за рубеж и достичь \$200 млрд в 2030 году с \$99,2 млрд в 2020 году. Инвестиционный план на десятилетие составил 510 трлн вон (~\$453 млрд).⁵⁶

В марте 2023 года Министерство торговли и промышленности сообщило о проекте по привлечению 150 компаний и \$234 млрд инвестиций для создания к 2042 году в столичном регионе крупнейшего в мире микроэлектронного

⁵³ "How South Korea's semiconductor industry may become the global leader by 2030", Daxue Consulting China, Jan 10, 2023, accessed July 17, 2023, <https://daxueconsulting.com/south-koreas-semiconductor-industry/>

⁵⁴ "Why Korea's worried about its seemingly strong semiconductor industry", Hankyore, Jul 22, 2022, accessed July 17, 2023, https://english.hani.co.kr/arti/english_edition/e_business/1052027.html

⁵⁵ "Korea to Emerge as the Center of the Global Semiconductor Supply Chain", Invest Korea, accessed July 18, 2023, https://www.investkorea.org/ik-en/bbs/i-308/detail.do?ntt_sn=490766

⁵⁶ "S. Korea to emerge as No. 1 chip powerhouse with 510 tln-won investment by 2030", Yonhap News Agency, May 3, 2021, accessed July 18, 2023, <https://en.yna.co.kr/view/AEN20210513002351320>

кластера.⁵⁷ Также сообщалось о планах по строительству пяти высокотехнологичных заводов по производству чипов.

Республика Индия

В мае 2022 года Правительство Индии объявило о запуске «дорожной карты» для проектирования и производства полупроводников на архитектуре RISC-V. Данная архитектура позиционируется как базовая для ЭВМ с сокращенным набором команд (reduced instruction set computer, RISC), имеет модульную конструкцию и распространяется по безвозмездным лицензиям с открытым исходным кодом, в отличие от более известной архитектуры ARM.

Попытки развивать RISC-V Индия демонстрирует еще с 2020 года, когда в стране впервые был проведен конкурс проектировщиков для продвижения разработок на данной платформе. При этом уже в 2021 году стартап SiFive объявил, что разработал ядро чипа RISC-V, которое догнало по производительности семейство Intel Rocket Lake и Arm Cortex-A78.⁵⁸ В рамках микропроцессорной программы Digital India RISC-V (DIR-V) индийская промышленность и академические круги будут разрабатывать системы на кристаллах (SoC) для серверов, мобильных устройств, автомобильных приложений, устройств IoT и микроконтроллеров.⁵⁹

Раджив Чандрасекар, бывший разработчик чипов Intel, в настоящее время министр Индии по вопросам предпринимательства, развития навыков, электроники и технологий, утверждает, что в рамках DIR-V предполагается «к декабрю 2023 года достичь отраслевых стандартов в области кремния и дизайна кристаллов». Программа будет основываться на опыте, полученном при разработке индийских процессоров на RISC-V: Shakti и Vega. Но эти процессоры далеки от передовых — последние Shakti построены на 180-нм техпроцессе, используют 32-битные ядра и работают на частоте от 75 до 100 МГц. Другое проектное решение Shakti было создано по 22-нм техпроцессу от

⁵⁷ "Korea Semiconductor Device Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2023 - 2028)", Mordor Intelligence, accessed July 18, 2023, <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/korea-semiconductor-device-market>

⁵⁸ "Индия может начать производство чипов на RISC-V в 2023 году", Overclockers, 2 мая 2022 года, дата посещения 16 февраля 2023 года, <https://overclockers.ru.turbopages.org/overclockers.ru/s/blog/Xmerc/show/66412/indiya-mozhet-nachat-proizvodstvo-chipov-na-risc-v-2023-godu>

⁵⁹ "India reveals plan to become major RISC-V design and production player by 2023", The Register, Apr 29, 2022, accessed February 20, 2023, https://www.theregister.com/2022/04/29/india_risc_v_microprocessor_program/

Intel, но эта модель дебютировала в 2018 году. Проекты Shakti для серверов и высокопроизводительных приложений пока находятся в процессе разработки.⁶⁰ Технологии Vega носят более перспективный характер, по словам дизайнеров чипа, он уже применяется в ряде SoC-систем.

Правительство Индии позиционирует эти усилия, как «ранние шаги в разработке процессоров». Однако еще в Концепции Национальной политики в области электроники на 2019 год (NPE 2019⁶¹) уже была сформулирована цель постепенно превратить Индию в глобальный центр проектирования и производства электронных систем (Electronics System Design and Manufacturing - ESDM) путем поощрения и стимулирования возможностей для разработки основных компонентов и создания благоприятных условий для конкуренции отрасли на мировом уровне.⁶²

На настоящий момент индийские сервисные компании уже выступают крупными игроками в разработке полупроводников. В стране регулярно проводятся трехдневные «фестивали» полупроводников с участием Intel, TSMC, Qualcomm, Micron. В 2022 году Индия в качестве члена совета премьер-министров присоединилась к RISC-V International — некоммерческой организации, курирующей данную архитектуру.

Отдельного внимания заслуживает и координация работы индийских исполнительных органов власти и отраслевых стейкхолдеров. Этот процесс четко отражен в рекомендациях индийскому правительству в рамках «дорожной карты» по «устойчивому производству и экспорту электроники на сумму \$300 млрд к 2026 году».⁶³ В рамках документа экспертное сообщество совместно с представителями деловых кругов предложило руководству страны принять следующие меры по стимулированию развития отрасли:

⁶⁰ “How Shakti, The 'Indian' Processor From IIT Madras, Could Challenge Global Majors Intel & AMD”, India Times, Dec 3, 2018, accessed February 22, 2023, <https://www.indiatimes.com/technology/news/how-shakti-the-indian-processor-from-iit-madras-could-challenge-global-majors-intel-amd-357657.html>

⁶¹ “The National Policy on Electronics (NPE) 2019-Effective April 2020”, India Law Office, accessed February 22, 2023, <https://www.indialawoffices.com/legal-articles/the-national-policy-on-electronics-2019-effective-april-2020>

⁶² “National Policy on Electronics 2019”, Drishti IAS, Feb 20, 2019, accessed February 23, 2023, <https://www.drishtias.com/daily-updates/daily-news-analysis/national-policy-on-electronics-2019>

⁶³ “\$300 Bn Sustainable Electronics Manufacturing & Exports By 2026: Roadmap and strategies”, India Cellular & Electronics Association, accessed February 24, 2023, <https://static.pib.gov.in/WriteReadData/specificdocs/documents/2022/jan/doc20221247801.pdf>

1) Снижение затрат на ведение бизнеса: правительство должно стремиться компенсировать недостатки политики импортозамещения в сфере производства полупроводников путем активного предоставления стимулов, связанных с их производством (production-linked incentives, PLI), а также решить проблемы ведения бизнеса (тарифы, сертификация, маркировка, экологическая безопасность и т.п.).

Схема стимулирования для крупномасштабного производства электроники (Production Linked Incentive Scheme for Large Scale Electronics Manufacturing - PLI) стала ответом на то, что национальный сектор производства электронного оборудования сталкивается с отсутствием равных условий деятельности по сравнению с конкурирующими странами. Отсутствие адекватной инфраструктуры, внутренних цепочек поставок и логистики; высокая стоимость финансирования проектов; недостаточная доступность качественной электроэнергии; ограниченные возможности проектирования и сосредоточенности отрасли на НИОКР; недостаточные навыки специалистов - все это факторы, которые подтолкнули к реализации дополнительных мер стимулирования производства (PLI).⁶⁴

2) Меры по формированию экосистемы: стабильность импортных тарифов (для существующей экосистемы), снижение импортных тарифов (для компонентов, не имеющих производственной базы на территории страны), поощрение крупных иностранных производителей к созданию экосистемы компонентов в стране, уточнение и прояснение законодательства в сфере прямых иностранных инвестиций, ускоренное развитие отраслевых НИОКР в первые 1000 дней программы.

3) Инфраструктурная поддержка независимых производственных кластеров, в т. ч. «наукоградов» для крупномасштабного производства: упрощение доступа и эксплуатации инфраструктуры «наукоградов» для производителей электроники, сокращение времени выполнения ремонта и более быстрый запуск профильного производства.

4) Упрощение процедур выдачи разрешений и подачи заявок в сфере ИИ: создание благоприятной деловой среды для промышленности и

⁶⁴ "PLI Scheme for Telecom", Invest India, accessed April 15, 2023, <https://www.investindia.gov.in/pli-scheme-for-telecom>

повышение привлекательности страны как надежного производственного направления.

Комплексное выполнение вышеперечисленных рекомендаций должно помочь Индии в ближайшие годы качественно расширить свое присутствие на глобальном рынке микроэлектроники.

Неоднозначные прогнозы

На фоне глобальной экономической рецессии мировую полупроводниковую отрасль в 2023 году ожидает сокращение производства на 4–5%. В меньшей степени это затронет производство продукции по технологиям 3–7 нм, доступной только тайваньской TSMC и корейской Samsung. Вместе с тем, начиная со второй половины 2023 года, отрасль, по оценкам экспертов, вероятнее всего вступит в период постепенного трехлетнего циклического роста.⁶⁵

Принятый в США CHIPS Act имеет перспективы стать ключевым стимулом, направленным на строительство полупроводниковых предприятий и развитие производства на собственной территории по передовым технологиям. В перспективе 2023-2024 гг. именно реализация данного закона в совокупности с программой финансирования отрасли на \$52 млрд может обеспечить США эффективное осуществление полупроводникового рещоринга и, как следствие, даст американской отрасли дополнительную технологическую независимость и стратегическое преимущество перед конкурентами.

США намерены продолжать политику санкционных ограничений по отношению к Китаю через экспортный контроль и выдачу лицензий американским и зарубежным компаниям, использующим созданные в США технологии, оборудование и программное обеспечение. Эти меры будут в определенной степени подрывать не только китайскую, но и мировую микроэлектронику, США же при этом сохраняют статус выгодоприобретателей. Учитывая сохраняющуюся определенную зависимость китайской электронной промышленности от США и их союзников, существуют риски

⁶⁵ “Полупроводниковая микроэлектроника 2022. Часть 1. Лонгрид от Дмитрия Бондаря”, RUSmicro. Мнения. Аналитика. Тренды. 10 января 2023 года, дата посещения 17 мая 2023 года, <https://t.me/RUSmicro/3742>

того, что санкционный натиск и давление на Пекин со стороны Вашингтона будет усиливаться. В этих условиях многое будет зависеть от эффективности усилий по ускоренному импортозамещению Пекином производства сложной полупроводниковой продукции.

Процессы противостояния США и КНР, инвестиционные «дорожные карты» и проекты этих двух стран во многом определяют развитие новых центров производства в ЕС, Индии, передовых странах Африки, Латинской Америки и в других регионах.

В связи со сложной геополитической ситуацией, продолжающимися военными конфликтами и наращиванием выпуска оружия коммерческие производители чипов и электронных компонентов очень активно работают с военными заказчиками. Это обеспечит увеличение объема заказов полупроводников и в целом стимулирует разработку и создание перспективных вооружений и электроники военного назначения на основе технологий ИИ.

Общие выводы и рекомендации

1. США, ЕС, РК, Китай, Индия активно выделяют значительные финансовые средства на амбициозные долгосрочные проекты и ведут поиск эффективных политик управления отраслью. В фокусе три основных направления: локализация производства на национальной территории, доступ к новейшим технологиям и укрепление позиций в цепочках производства, квалифицированные кадры.

2. В свете обострения конкуренции России следует принять меры по надежному доступу к микроэлектронике из ведущих центров производства, запуску комплексной программы по созданию условий для открытия в перспективе собственных производственных мощностей.

Недообеспеченность чипами отечественного хозяйственного комплекса может привести к неисполнению инфраструктурных проектов, отраслевых и профильных программ (особенно в сфере электроники и связи, транспорта, медицины, машиностроения), подорвать меганаучные инициативы и разработки (квантовые вычисления, искусственный интеллект,

экспериментальные работы в области ядерной физики). Это неизбежно скажется на развитии экономики и реализации технологических инноваций, на геостратегических позициях страны.

3. Для оптимизации развития отечественной микроэлектроники целесообразно сосредоточить усилия всех национальных органов в рамках единой, хорошо продуманной и реально осуществимой программы. Важно учесть опыт имплементации такого рода программ в странах со схожим состоянием национального полупроводникового сегмента, в частности, долгосрочного плана развития отрасли в Индии (интерес могут представить упомянутые выше рекомендации индийскому правительству в рамках «дорожной карты» по «устойчивому производству и экспорту электроники на сумму \$300 млрд к 2026 году»⁶⁶).

4. При разработке отечественной стратегии по созданию собственных микроэлектронных мощностей необходимо продумать политику по всем составляющим: сырье и компоненты; исследования и проектирование; технологии/техпроцессы; производственная база и оборудование, квалифицированные кадры.

5. Осуществить инвентаризацию и прогнозирование: на основе потребностей отечественного народно-хозяйственного и оборонно-промышленного комплекса (текущие и перспективные проекты) провести тщательный расчет необходимых объемов полупроводниковой продукции по ключевым сегментам (четырем основным группам продуктов):

- микропроцессоры и логические устройства для ЭВМ, коммуникационного оборудования, бытовой электроники и т. п.;
- устройства хранения информации, DRAM (динамическая память с произвольным доступом с использованием полупроводниковых материалов), флеш-память NAND (сохраняет данные при отключенном питании) и другие;
- аппаратура для преобразования аналоговых сигналов в цифровые;
- оптоэлектроника, датчики/приводы и дискретные полупроводниковые компоненты (O-S-D) для генерации или восприятия света.

⁶⁶ “\$300 Bn Sustainable Electronics Manufacturing & Exports By 2026: Roadmap and strategies”, India Cellular & Electronics Association, accessed February 24, 2023, <https://static.pib.gov.in/WriteReadData/specificdocs/documents/2022/jan/doc20221247801.pdf>

6. В условиях санкций и ограниченных возможностей международной кооперации важно предпринять усилия по выстраиванию производственных цепочек в рамках ЕАЭС, СНГ, БРИКС, двусторонних и многосторонних альянсов с нейтральными и дружественными странами.

При выборе направлений диалога с партнерами следует, в частности, оптимизировать переговорную политику с опорой на наличие в России компонентов и сырья для производства чипов. По ряду позиций наши экспортные возможности уникальны, что должно способствовать заключению договоров по закупке готовой продукции и трансферу технологий.



www.cgitc.ru

125009, г. Москва, Тверской бульвар, д. 14, стр. 1