

В рубрике «Экономика и геополитика» редакция публикует две статьи – К. Томаса и Дж. Калабрезе, примечательные тем, что отражают крайнюю остроту развернувшейся сейчас геополитической борьбы за неоиндустриальное лидерство в мировом хозяйстве. Лидерство это, поскольку новая индустриализация суть наукоемкая и цифровая, зиждется на производстве передовых микропроцессоров, включая квантовые. Россия критически запоздала с новой индустриализацией, не производит передовые чипы, и отстает на десятилетия, как отставала царская Россия с электрификацией на рубеже XIX-XX вв. Научно-техническое и промышленное отставание представляет для России и ее целостности угрозу неизмеримо более опасную, чем любая извне исходящая. Поэтому России необходимо безотлагательно перейти к экономической системе, гарантирующей форсированную неоиндустриализацию.

## ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ИНДУСТРИЯ: СТРАТЕГИЯ КНР И США

К. Томас

Передовые полупроводники являются ключом к широкому спектру потенциально преобразующих технологий, а новейшие компьютерные чипы стали горячей сферой геополитической конкуренции в XXI в. Несмотря на свою важность, полупроводники представляют собой редкую область, в которой китайская экономика зависит от остального мира, а не наоборот. Каждый год КНР импортирует полупроводников на сумму более 300 млрд. долл., и большинство, хотя и не все, крупных американских полупроводниковых компаний получают не менее 25% своей выручки благодаря продажам на китайском рынке.

Эта взаимная зависимость принесла пользу технологическим секторам обеих стран. Каждая крупная китайская технологическая компания полагается на американские чипы: Tencent или Alibaba не были бы такими мощными центрами, как сегодня, если бы они полагались на китайские микропроцессоры в годы своего становления либо разрабатывали и производили свои собственные. Тем временем многие американские компании извлекли выгоду из китайских клиентов, рынков и инноваций. Масштаб и снижение затрат, обеспечиваемые производством полупроводниковых систем и устройств в Китае и Азии в более широком смысле, помогли сделать информационные технологии повсеместными. Несмотря на жесткую риторику по обе стороны Тихого океана, американские полупроводниковые компании и их китайские коллеги сегодня совместно работают над сотнями, если не тысячами проектов продуктов и совместных усилий по разработке технологий.

Тем не менее это сотрудничество не помешало полупроводникам стать главной причиной напряженности в отношениях между США и Китаем. В мире после COVID, после Трампа многие в Вашингтоне хотели бы видеть американскую экономику менее зависимой от Китая и изучают новые ограничения на импорт китайского оборудования и экспорт как передовых полупроводников, так и оборудования, необходимого для их производства. Тем временем в Пекине китайские официальные лица преследуют четко заявленную, хотя и нечетко определенную цель «технологической независимости», сформулированную в принятом 14-м пятилетнем плане.

Но то, как достичь этой независимости – и имеет ли вообще смысл добиваться ее – представляет собой вопрос глубокой неопределенности. Пока официальные лица США взвешивают варианты своей политики в этом отношении, им в первую очередь необходимо оценить состояние китайской и мировой полупроводниковой промышленности, а также то, как Пекин приблизился к своей цели по созданию отечественной отрасли по производству микросхем. Несмотря на значительные успехи, большинство сегментов полупроводниковой промышленности КНР остаются позади своих иностранных конкурентов, и попытки наверстать упущенное сталкиваются с серьезными экономическими препятствиями. То, как Соединенные Штаты подходят к своей политике в отношении этой отрасли, будет иметь серьезные последствия не только для отношений США с Китаем, но и американской отрасли полупроводников, систем и интернет-услуг, которые по-прежнему тесно переплетены с Китаем.

*Понимание полупроводниковой промышленности.* Хотя в США расположено большинство ведущих мировых полупроводниковых компаний, ни одна страна не обладает подлинной независимостью в цепочке создания стоимости полупроводников. Соединенные Штаты зависят от важнейших иностранных ресурсов и производственных мощностей в остальном мире. Производственная цепочка любого данного полупроводника необычайно сложна и зависит от 300 различных исходных материалов, включая необработанные пластины, товарные химикаты, специальные химикаты и объемные газы; все они обрабатываются и анализируются более чем 50 различными инструментами обработки и тестирования. Эти инструменты и материалы поставляются со всего мира и, как правило, являются высокотехнологичными.

Кроме того, большая часть оборудования, используемого в производстве полупроводников, к примеру литографические и метрологические машины, зависит от сложных цепочек поставок, которые также высоко оптимизированы и включают сотни различных компаний, поставляющих модули, лазеры, мехатронику, микросхемы управления, оптику, источники питания и многое другое. «Установленная база» полупроводникового завода представляет собой совокупность сотен тысяч человеко-лет исследований и разработок. Производственный процесс, объединяющий их в единую производственную цепочку, может включать в себя еще многие сотни тысяч человеко-лет научно-технического труда.

Типы продуктов, для которых предназначены эти производственные процессы, почти так же разнообразны, как и сами производственные ресурсы. Существует не менее 20 основных категорий полупроводниковых продуктов (от оптических датчиков до модулей управления батареями и процессоров), и каждая категория обычно содержит сотни различных складских единиц – отдельных товаров для продажи для специализированных приложений. Эта сложность приводит к большому рынку, заполненному множеством ниш, в которых специализированные компании мирового класса создали защищенные рыночные позиции за десятилетия целенаправленных научных исследований и разработок.

Сложность также делает полупроводники отраслью, в которой победитель получает все. Один или два ведущих участника в любой заданной нише – будь то небольшая, например печи, или гигантская, например серверные микропроцессоры, – получают всю экономическую прибыль в этой нише благодаря масштабу, эффективности обучения и высоким затратам клиентов при переключении на другую. Новички редко вырываются на эти олигопольные позиции. Например, лидер рынка графических процессоров (GPU) Nvidia изобрела сегмент в 1999 г. и никогда не уступала своего лидерства. В то время как в КНР есть стартапы на ранней стадии в сегменте графических процессоров, рыночная доля страны практически равна нулю. TSMC, базирующаяся в Тайване, была первым преданным конкурентом в фотолитографическом сегменте и не теряла лидерства за свою 33-летнюю историю. Действительно, SMIC, ведущий китайский конкурент в литейном сегменте, по-прежнему отстает от TSMC на

четыре или пять лет в области технологий, несмотря на почти два десятилетия инвестиций.

*Полупроводниковая стратегия Пекина.* В предшествующий период КНР потратила более 30 лет и десятки миллиардов долларов на создание отечественной полупроводниковой промышленности, снабжая свои национальные компании ресурсами для конкуренции с западными корпорациями. Несмотря на эти инвестиции, китайские полупроводниковые компании составляют относительно небольшую часть мирового рынка. Согласно данным IHS iSuppli, в глобальной цепочке создания стоимости эти китайские компании занимают следующую долю:

примерно 20% – разработчики чипов «без фабрики» (компании, которые разрабатывают свои чипы, а затем заключают контракты на их физическое производство);

10% мировых мощностей фотолитографических заводов (аутсорсинговые производители, обслуживающие разработчиков чипов без фабрик);

менее 1% мировых мощностей по производству интегрированных схем и устройств (компании, которые и разрабатывают, и производят собственные микросхемы);

менее 1% программного обеспечения для электронного проектирования, полупроводниковых приборов и материалов;

менее 1% в наиболее важных категориях конечных продуктов, таких как логические чипы, которые являются мозгом интернета, или усовершенствованные чипы памяти, которые крупные поставщики облачных услуг используют для хранения триллионов фотографий и видео.

Чтобы противостоять своей зависимости от иностранных поставщиков полупроводников, КНР в 2014 г. объявила о новой важной политике в отношении полупроводников. Политика «Сделано в Китае», которая была запущена в следующем году, включала основные технологии для полупроводников.

Новая национальная политика в области полупроводников содержала два основных нововведения по сравнению с предыдущими усилиями в области промышленной политики: первое заключалось в приобретении технологий из-за рубежа посредством слияний и поглощений; второе состояло в том, чтобы привлечь «умные деньги» через частных инвесторов, таких как фонды прямых инвестиций, чтобы направлять инвестиции. Со временем эта политика сместилась в сторону более традиционной модели промышленной политики, когда крупные субсидии на производство и НИОКР предоставлялись назначенным национальным лидерам. Но при наличии более чем 50 тыс. китайских организаций, зарегистрированных как «полупроводниковые компании», эти инвестиции подвержены риску фрагментации.

Несмотря на эти усилия по строительству китайской полупроводниковой промышленности, региональная структура отрасли, основанная на глобальном распределении доли рынка с использованием местоположения штаб-квартиры компании, в 2020 г. практически не изменилась по сравнению с 2014 г., и в тот период не произошло серьезного смещения в сторону КНР. Китайские компании отстают на десятилетия в некоторых наиболее важных областях производственных технологий, таких как литография и самые передовые инструменты проектирования программного обеспечения. По оценкам Китайской ассоциации полупроводниковой промышленности, для достижения целей политики КНР необходимо ликвидировать нехватку квалифицированных кадров – это примерно 300 тыс. инженеров. В последние месяцы правительство Уханя вмешалось, чтобы взять под контроль одного производителя, испытывающего нехватку денежных средств, который пообещал инвестировать 20 млрд. долл. в производство логических процессоров, что является примером трудностей, с которыми сталкивается китайская полупроводниковая промышленность.

Несмотря на эти неудачи, прогресс был достигнут. Доля КНР в конечном производстве, которое представляет собой трудоемкий процесс, когда обработанные полупроводниковые пластины нарезаются на отдельные чипы, упако-

вываются и оснащаются электрическими разъемами, почти удвоилась с 2015 г. и достигла 40% благодаря слияниям и приобретениям. Рыночная доля китайских компаний, занимающихся проектированием «без фабрик», также почти удвоилась, в основном благодаря HiSilicon, полупроводниковому подразделению Huawei. Эти сегменты более естественно подходят для конкурентных преимуществ КНР: финишное производство является менее технически сложным процессом, который зависит от низких затрат на рабочую силу и операционной эффективности; проектные компании «без фабрик» выигрывают от близости к приложениям для конечных клиентов (многие из которых разрабатываются китайскими OEM-производителями) и имеют низкие барьеры для входа благодаря широко доступным готовым инструментам проектирования. В настоящее время конкуренты из КНР есть почти на каждом этапе цепочки создания стоимости полупроводников, включая химикаты, материалы, инструменты и производство, хотя некоторые из их технологий отстают от лидеров рынка. Китай направляет свой огромный пул венчурного капитала и инженерных талантов, чтобы сосредоточиться на этой отрасли. На аналогичных рынках с более низкими технологическими барьерами, такими как инструменты MOCVD<sup>1</sup>, используемые для производства светодиодов, китайские компании разработали конкурентоспособное производственное оборудование. Хотя достижение потенциально возможных результатов китайской политики в области полупроводников зависит от тактики и качества ее исполнения китайскими инженерами, китайская полупроводниковая промышленность, несомненно, станет более конкурентоспособной в течение следующих десяти лет.

Принятый 14-й пятилетний план, по-видимому, закрепляет «технологическую независимость» в качестве национальной стратегии, хотя четко не определено, что означает независимость. Если мы определим технологическую независимость как «самодостаточность» – полностью контролируемую КНР цепочку поставок полупроводников внутри страны, которая обслуживает все потребности китайских клиентов и не нарушает права интеллектуальной собственности какой-либо глобальной компании, – это явно невозможно в среднесрочной перспективе. В долгосрочной перспективе это также маловероятно.

Во-первых, экономика цепочки поставок «только в Китае для Китая» не работает. Даже если китайские компании на каждом этапе цепочки создания стоимости получают 80% потенциального бизнеса от каждого потенциального китайского клиента, китайские компании в совокупности будут генерировать менее 15% общего объема НИОКР в отрасли – и, вероятно, даже меньше, поскольку цены в Китае, как правило, ниже, что оставляет меньше прибыли для реинвестирования в НИОКР. Такая стратегия «коренизации» оставила бы Китай позади остального мира: как продукты, разработанные с использованием 15% мировых НИОКР, могут конкурировать с продуктами устоявшихся компаний, которые в совокупности тратят гораздо больше? Конечно, правительственные субсидии КНР могут закрыть этот дефицит финансирования. Но сохранение таких крупномасштабных субсидий в течение десятилетий, необходимых для развития отрасли, скорее всего, приведет к появлению ряда компаний, настолько зависимых от щедрости правительства, что они могут оказаться коммерчески нежизнеспособными.

Как в случае с телефонами и персональными компьютерами, китайским полупроводниковым компаниям было бы лучше сосредоточиться на привлечении клиентов, а не получении государственной поддержки, а также на партнерстве с иностранными фирмами для совместной разработки технологий, создания экосистем и привлечения клиентов по всему миру. Это то, что сделали несколько крупных китайских компаний по производству бытовой электроники, таких как Vivo, Xiaomi и Lenovo, а также крупные производители телекоммуникационного оборудования. На протяжении многих лет более половины продаж этих ведущих компаний по производству устройств и систем осуществляется за пределами КНР.

Но поскольку полупроводниковые технологии стали предметом конкурен-

ции с США, такое партнерство стало более трудным. С 2016 г. в ответ на опасения по поводу причастности китайских технологических фирм к нарушениям прав человека и связям китайских полупроводниковых компаний с китайскими военными институтами правительство США добавило основных китайских потребителей и производителей полупроводников в контрольный список юридических лиц. В число этих фирм входят потребители полупроводников, такие как DJI, ZTE и Hikvision; целевые производители полупроводников включают Huawei и SMIC. Компании в списке, как правило, не имеют права получать какие-либо товары, подпадающие под действие правил экспортного контроля, без лицензии, выданной Бюро промышленности и безопасности<sup>2</sup>. Американское правительство ужесточило также надзор за приобретением или инвестициями в чувствительные технологии, такие как полупроводники, ограничило совместные исследования, разработки и академическое взаимодействие между американскими и китайскими компаниями, лабораториями и учебными заведениями. В совокупности эти шаги правительства США еще больше усложнили и без того сложную задачу построения конкурентоспособной китайской полупроводниковой промышленности.

Вопреки экономической логике, которая побуждает китайские компании к глобализации, в цепочке создания стоимости полупроводников многие из них, от стартапов до признанных корпораций, незаметно реализуют стратегии «коренизации» цепочки поставок. Они используют текущий момент, чтобы сосредоточиться на импортозамещении, и пытаются исключить американских поставщиков из утвержденных списков закупок или стать альтернативным поставщиком. Они призывают китайскую прессу, правительственных чиновников и инвесторов рассматривать их как «китайского чемпиона». Руководители этих китайских фирм принимают эти решения не из «патриотического духа» и не потому, что преследуют «национальную политику». Скорее, они преследуют цели обеспечения непрерывности бизнеса, стремясь снизить риски, связанные с будущим экспортным контролем и листингом юридических лиц (и во многих случаях в надежде на поддержку прибыльного листинга на фондовом рынке). Поскольку многие из этих руководителей ранее работали в крупных транснациональных корпорациях, а некоторые даже имеют американские паспорта – стратегия «коренизации» не принадлежит к той, которую они обычно преследуют. Тем не менее перспектива новых и более обширных торговых ограничений привела их к принятию модели «в Китае для Китая».

Китайское правительство поощряет компании идти по этому пути «коренизации». Например, правительство предложило предоставить китайским компаниям страховку для защиты от неисправного оборудования или материалов от китайских поставщиков, а также поставило производственные субсидии в зависимость от обязательства использовать местных поставщиков. Но не следует заблуждаться: основной движущей силой «коренизации» являются скорее деловые соображения бизнесменов на местах, чем национальная политика.

Дальнейшее развитие китайской и мировой полупроводниковой промышленности во многом зависит от стратегических шагов и инженерного потенциала китайских компаний, а также от политики администрации Байдена. Движение к «коренизации» внутри Китая в сочетании с широко распространенными опасениями зависимости Америки от китайского оборудования и производства станет уникальной проблемой внешней политики для команды Байдена. Вместе со своими коллегами в Конгрессе администрации Байдена необходимо будет тщательно взвесить выгоды, получаемые от американских полупроводниковых компаний, конкурирующих на одном из крупнейших мировых рынков, с риском использования технологий американского производства для создания угрозы национальной безопасности; прояснить часто размытую грань между «в основном государственными» и «в основном рыночными» операторами в Китае; сбалансировать преимущества обучения лучших китайских ученых в лучших инженерных школах и сотрудничества с нашими национальными лабораториями с рисками промышленного шпионажа и нарушения прав интеллекту-

альной собственности; и разработать промышленную политику в области полупроводников, которая по-прежнему позволяет рынку определять победителей и проигравших.

Как команда Байдена должна подходить к этим вопросам, это предмет отдельного разговора. Тем не менее, несмотря на то что будущее китайской полупроводниковой промышленности остается неясным, на данный момент есть один бесспорный результат: Соединенные Штаты и их компании теряют влияние и долю рынка в частном китайском технологическом секторе. Эти энергичные, передовые и инновационные китайские компании все больше стремятся создать новую полупроводниковую экосистему с центром в КНР. Последствия этого изменения мышления будут ощущаться гораздо дольше, чем любые краткосрочные выгоды от использования доступа к полупроводникам в качестве переговорного рычага в более широком контексте американо-китайских отношений.

---

<sup>1</sup> MOCVD (Metal-organic chemical vapor deposition) – химическое осаждение из паровой фазы методом разложения металлоорганических соединений. – Прим. ред.

<sup>2</sup> Бюро промышленности и безопасности (BIS) входит в структуру министерства торговли США. На Бюро возложена задача содействовать национальной безопасности, продвигать внешнеполитические и экономические цели США на мировой арене, обеспечивая эффективную систему экспортного контроля и соблюдения договоров, а также способствуя сохранению лидерства США в стратегических технологиях.

Именно это Бюро ведет контрольный список физических и юридических лиц (включая предприятия, исследовательские институты, государственные организации и т.д.), на которые распространяется режим особого лицензирования и санкционные требования американской администрации.

Штаб-квартира Бюро промышленности и безопасности располагается в Вашингтоне. – Прим. ред.