



## МАКРОЭКОНОМИКА МИКРОЧИПОВ

Андрей ВАГАНОВ

DOI: 10.7868/5023336192203003X

**В** конце сентября 2021 г. один из глобальных лидеров микроэлектроники и программного обеспечения – американская компания Intel – приступила к строительству в штате Аризона двух заводов по производству микросхем. Решение о строительстве было принято ещё летом 2020 года как ответ на возникший во всём мире острейший дефицит полупроводниковых чипов для микроэлектроники. Так, согласно данным отраслевого дистрибьютора Susquehanna Financial Group, в феврале прошлого года сроки выполнения заказа – промежуток времени между размещением заказа на полупроводники и их фактическим исполнением – впервые с момента начала сбора данных в 2017 г. – увеличились до 22.2 недель по сравнению с 12.2 недель в феврале 2020 г. Всё это привело к тому, например, что в сентябре прошлого года американский авто-

производитель General Motors объявил о приостановке производства автомобилей на восьми заводах в Северной Америке в течение двух недель. “Эти меры принимаются ввиду продолжающегося дефицита запчастей, вызванного перебоями поставок полупроводников с внешних рынков, которые столкнулись с ограничениями, введёнными из-за распространения COVID-19”, – отмечалось в заявлении компании.

Другой крупный американский автопроизводитель Ford Motor также сообщил о приостановке производства на заводе в Канзасе на две недели. Кроме того, компания сократила рабочие смены на заводах в Дирборне (штат Мичиган) и в Луисвилле (штат Кентукки).

Американские автопроизводители сообщили, что в распоряжении автодилеров в августе 2021 года было чуть менее миллиона новых автомобилей,

что на 72% меньше показателя августа 2019 года (3.58 млн автомобилей).

О приостановке производства на своих заводах из-за перебоев в поставках полупроводников сообщали также японские Toyota и Nissan, а также американская Stellantis<sup>1</sup>.

И это очень серьёзно, если посмотреть в перспективу. Согласно отчёту Deloitte, автомобильная электроника, которая включает в себя всё, от дисплеев до автомобильных систем, будет составлять примерно 45% стоимости производства автомобиля к 2030 г. Стоимость полупроводниковых компонентов, используемых в этой электронике, по оценкам, вырастет до 600 долларов к 2030 году с 475 долларов в 2020 г.

В общем, по прогнозам экспертов сингапурской компания Flex, занимающей третье место в мире по производству микросхем, нехватка чипов на мировом рынке продлится как минимум до середины нынешнего года. "При столь высоком спросе конец дефицита ожидается в середине-конце 2022 года в зависимости от товара. Некоторые ожидают, что дефицит продолжится в 2023 году", – заявила главный специалист по закупкам и цепочке поставок Flex Линн Торрел. Её цитирует издание Financial Times. Заметим, что Flex имеет более 100 предприятий в 30 странах и играет ведущую роль в цепочке поставок микросхем для автомобилей, медицинских устройств и потребительской электроники. Среди её клиентов автопроизводитель Ford и крупнейший поставщик компьютеров и принтеров HP из США, разработчик бытовой техники Dyson и онлайн-ритейлер Ocado из Великобритании<sup>2</sup>.

Общий спрос на полупроводники всех видов и типов – от базовых микроконтроллеров и микросхем памяти

до самых сложных высокопроизводительных процессоров – подскочил за последнее десятилетие по мере роста использования смартфонов и увеличения вычислительной мощности. По данным исследовательской компании IDC, устойчивый рост продаж полупроводников в 2019 г. замедлился, но затем увеличился на 5.4% из-за спроса на домашние гаджеты в 2020 г.

Кстати, как раз в прошлом году спрос на ноутбуки рос по всему миру и его темпы сдерживались лишь полупроводниковым кризисом, который, в свою очередь, вызван пандемией нового коронавируса. К таким выводам пришли аналитики компании Strategy Analytics. Во втором квартале 2021 г. глобальные продажи мобильных компьютеров превысили 65 млн штук, что на 15% больше, чем за тот же период 2020 г.<sup>3</sup>

Чтобы удовлетворить этот гигантский спрос на микрочипы, заводы, их производящие, работают 24 часа в сутки, семь дней в неделю. Функционирование в таком режиме обусловлено ценовым фактором. Строительство фабрики начального уровня по производству микрочипов, производящей 50 000 кремниевых пластин в месяц (из них потом, с использованием литографических технологий, "выпиливаются" те самые микрочипы), обходится дорого – около 15 млрд долларов. Большая часть этой суммы идёт на специализированное оборудование – рынок, продажи которого впервые превысил 60 млрд долларов в 2020 году.

Мировые лидеры по инвестициям в такие высокотехнологические производства – три компании: Intel, Samsung и TSMC. Их фабрики стоят более 20 млрд долларов каждая. В 2021 году TSMC потратил, по некоторым оценкам, 28 млрд долларов на новые заводы и оборудование. Для сравнения:

<sup>1</sup>Ряд заводов GM и Ford приостанавливают работу из-за дефицита полупроводниковых комплектующих // Сообщение агентства Интерфакс от 6 сентября 2021.

<sup>2</sup>Производитель предупредил о риске глобального дефицита чипов до середины 2022 года // <https://t.me/c/1480508295/2134>

<sup>3</sup>Strategy Analytics: Notebook PC Market Powered to Record Sales in Q22021 Despite Looming Supply Issues // <https://news.strategyanalytics.com/press-releases/press-release-details/2021/Strategy-Analytics-Notebook-PC-Market-Powered-to-Record-Sales-in-Q2-2021-Despite-Looming-Supply-Issues/default.aspx>

правительство США предлагает принять закон в поддержку отечественного производства микросхем – 50 млрд долларов в течение пяти лет.

И здесь возникает ситуация, в которую попала Алиса, находясь в Зеркалье. Один из персонажей этой сказки, Чёрная королева, утверждала: “Ну, а здесь, знаешь ли, приходится бежать со всех ног, чтобы только остаться на том же месте. Если же хочешь попасть в другое место, тогда нужно бежать по меньшей мере вдвое быстрее!” В проекции на ситуацию с производством микрочипов, как отмечают эксперты, это означает следующее: “Если вы потратите все эти деньги на строительство гигантских объектов, они устареют за пять или менее лет. Чтобы не потерять деньги, производители микросхем должны получать 3 миллиарда долларов прибыли с каждого завода. Но теперь только крупнейшие компании, в частности, тройка лидеров, совокупная выручка которых в 2020 году составила 188 миллиардов долларов, могут позволить себе построить несколько заводов”<sup>4</sup>.

Почти одновременно с объявлением Intel о начале строительства Fab 52 и Fab 62 российский институт развития ВЭБ.РФ объявил о запуске нового производства микросхем с топологией 130–90 нанометров ( $10^{-7}$ – $10^{-8}$  м) на заводе “Ангстрем-Г” в Зеленограде. Оборудование, правда, тоже американское – компании AMD. Но тут удивляться нечему: более 80% нашего IT-оборудования (по некоторым позициям – до 100%) – импорт. Мало того, и это уже – морально устаревшее оборудование. Достаточно сказать, что на данный момент большая часть из примерно 1.4 млрд процессоров для смартфонов, поставляемых ежегодно, производится тайваньской компанией TSMC. Intel принадлежит 80% рынка компьютерных процессоров. Samsung

доминирует в чипах памяти. Всем остальным, в том числе Китаю, очень нелегко ворваться в этот рынок.

Именно поэтому анонсирование запуска производства на новых заводах компании Intel так важно для всего рынка. А пожалуй, и для всей глобальной экономики. Пуск заводов запланирован уже на 2024 год. По мнению экспертов, это должно позволить компании на равных конкурировать с азиатскими производителями – TSMC и Samsung. К тому же, по сведениям издания The Wall Street Journal, руководство компании старается убедить власти США в необходимости субсидирования отрасли. В июле 2021 г. генеральный директор Intel Патрик Гелсингер и ещё несколько членов совета директоров компании встречались в Вашингтоне с президентом Джо Байденом, чтобы обсудить возможность субсидирования строительства новых предприятий Intel на территории США. На каждое из таких предприятий власти страны готовы выделить как раз до 3 млрд долларов субсидий, но сумма может быть увеличена при наличии особого разрешения президента<sup>5</sup>.

Кроме того, Intel ведёт переговоры о строительстве предприятий в Китае, Сингапуре, Вьетнаме, Индии и Малайзии. Возможно, они и не будут заниматься именно обработкой кремниевых пластин с использованием литографических технологий, но позволят тестировать и упаковывать готовые кристаллы. Подобная специализация существует и сейчас – у компании есть сборочные предприятия в Китае, Малайзии и Вьетнаме.

Но принципиально важен ещё один, сугубо технологический аспект: на новых фабриках в Аризоне, которые будут называться Fab 52 и Fab 62, чипы будут производиться по новому техпроцессу – Intel 20A. То есть, это оз-

<sup>4</sup>Обременительная экономика полупроводников // <https://it.me/c/1480508295/2022>

<sup>5</sup>Intel CEO Pitches Pricey Chip Plants to Officials at Home and Abroad // <https://www.wsj.com/articles/intel-ceo-pitches-pricey-chip-plants-to-officials-at-home-and-abroad-11628933400>

начает переход с нанотехнологии, оперирующей миллиардными долями метра, на масштаб в десять раз меньше – в ангстремную зону ( $10^{-10}$  м). Это, как надеются специалисты, откроет передовые возможности для американской полупроводниковой промышленности.

Одна машина для производства чипов по технологии экстремальной ультрафиолетовой литографии (EUV) стоит 120 млн долларов, состоит из более чем 100 тыс. деталей и поставляется заказчиком в 40 грузовых контейнерах. Существует только одна нидерландская фирма ASML, которая может производить машины EUV. Заказы расписаны на два года вперед<sup>6</sup>.

Всё это к тому, что состояние отечественной микроэлектронной промышленности стало важнейшим политическим фактором, определяющим место и роль России в мире. Провал в микроэлектронике не компенсируешь А-бомбами и гиперзвуковыми ракетами. Собственно, без микроэлектроники ничего этого и не будет. Санкционное давление на РФ в этом сегменте оказывается даже более критично, чем при строительстве газопровода “Северный поток – 2”. Не случайно в январе 2022 г. агентство AP, со ссылкой на источники из числа информированных лиц, распространило следующую информацию: “В дополнение к санкциям в отношении энергоносителей и потребительских товаров, США и их союзники рассматривают возможность введения запретов на экспорт в Россию передовых электронных компонентов, программного обеспечения и сопутствующих технологий, в которых используется американское оборудование”<sup>7</sup>.

Кроме того, AP отмечает, что возможности РФ по получению интеграль-

ных схем и продукции, содержащей интегральные схемы, будут серьёзно ограничены из-за глобального доминирования американского программного обеспечения, технологий и оборудования в этом секторе. Воздействие может распространиться на авионику, станки, смартфоны, игровые приставки, планшеты и телевизоры. “Такие санкции могут также быть нацелены на важнейшую российскую промышленность, включая её оборонный сектор и сектор гражданской авиации, что ударит по амбициям России в области высоких технологий, будь то в области искусственного интеллекта или квантовых вычислений”, – подчёркивает AP.

Осенью прошлого года, вице-премьер Дмитрий Чернышенко на первом заседании Правительственной комиссии по научно-технологическому развитию заявил, что в рамках госпрограммы научно-технологического развития будут выделены средства на поддержку радиоэлектронной промышленности. “Госпрограмма постепенно начинает принимать более конкретные очертания. Мы определяем проекты, которые в её рамках будут реализованы. Например, будут выделены средства на повышение оплаты труда научным работникам, на поддержку радиоэлектронной промышленности, а также на капитальный ремонт учреждений высшего образования. За счёт этого нам удалось увеличить предполагаемое финансирование госпрограммы. В 2022 году на её реализацию планируется направить около 1.05 трлн рублей”, – отметил Дмитрий Чернышенко<sup>8</sup>.

Средства вроде бы гигантские. Между тем на развитие конкретно электронной промышленности до 2024 года Россия потратит 266 млрд рублей (около 3.5 млрд долларов)<sup>9</sup>. Ещё раз:

<sup>6</sup>The chip-making machine at the center of Chinese dual-use concerns // <https://www.brookings.edu/techstream/the-chip-making-machine-at-the-center-of-chinese-dual-use-concerns/>

<sup>7</sup>США рассматривают запрет на экспорт в РФ электроники и программного обеспечения в случае “российского вторжения” на Украину // Сообщение агентства Интерфакс от 9 января 2022.

<sup>8</sup>Дмитрий Чернышенко провел первое заседание Правительственной комиссии по научно-технологическому развитию // <https://годнауки.рф/news/7982>

<sup>9</sup>“Назад, в погоню за микроэлектронным будущим” // “Независимая газета”, [https://www.ng.ru/editorial/2021-10-03/2\\_8267\\_red.html](https://www.ng.ru/editorial/2021-10-03/2_8267_red.html)



инвестиции частной американской компании в строительство двух фабрик в Аризоне – 20 млрд долларов. Но дело не только в финансовой составляющей. Intel коммерциализировал технологический процесс производства микрочипов с топологией 130–90 нм, по которому еще только планируется наладить производство в Зеленограде, – ещё в 2003–2005 гг.

Такова внутренняя логика развития микроэлектронной отрасли: через несколько ступенек не прыгнешь, чтобы добраться до ангстремной зоны придётся пройти все. Компенсировать разрыв возможно только за счёт ускорения темпов – не задерживаться долго на одной технологической ступеньке. Если отечественные транзисторные ЭВМ 1960-х годов по своей архитектуре ни в чём не уступали западным аналогам, то элементная база, на которой они были созданы, была уже тогда вчерашним днём для западных стран. Они ускоренными темпами переходили в массовом порядке с транзисторов на интегральные и сверхбольшие интегральные схемы. К концу 1960-х годов технологический разрыв в области вычислительных машин между западом и СССР составлял 6–7 лет.

Кстати, та же Intel подбиралась к ангстремному техпроцессу десять лет. Дальнейшее погружение в зангстремную область, – если такое вообще возможно, – по-видимому, займёт никак не меньше. У РФ вроде бы есть шанс подтянуться за это время в своём технологическом развитии, появляется так необходимый временной лаг.

Но здесь-то и возникает проблема, которую невозможно решить, даже максимально сжимая временной фактор – подготовка кадров для микроэлектроники. Intel, например, заявляет, что создаст не менее 3000 высокооплачиваемых рабочих мест для высококвалифицированных специалистов, 3000 рабочих мест в сфере строительства. И это косвенно повлияет на создание

15 000 дополнительных рабочих мест<sup>10</sup>. Российская система высшего образования сейчас в год выпускает около 1.5 тыс. специалистов в области микроэлектроники.

Ничего удивительного, что ВЭБ.РФ для завода в Зеленограде нанял на контракты от 5 до 10 лет специалистов из тайваньской компании UMC (8,5% доли мирового рынка чипов). Очевидно, что тайваньским специалистам была предложена конкурентная зарплата<sup>11</sup>.

Правительство РФ, судя по всему, понимает всю важность и остроту проблемы создания современной отечественной микроэлектронной промышленности. Оно, в общем, пытается предпринимать адекватные меры. Вопрос – как скоро они дадут отдачу при условии, что будут реализованы. Опять же, по идее, всё это надо было делать лет 10–15 назад. О том, что катастрофическое состояние отечественной электронной промышленности становится важнейшим политическим фактором, определяющим место и роль России в современном мире, говорилось, например, 20 мая 2004 г. на совещании в Госдуме под председательством Нобелевского лауреата, академика Жореса Алфёрова.

Любопытно, что на упомянутом совещании одной из рекомендаций по ускорению развития электроники в России стала следующая: участники совещания признали необходимым строительство зарубежными инвесторами на территории РФ микроэлектронных предприятий самых передовых технологий, причём гарантии инвесторам должно предоставлять государство<sup>12</sup>.

<sup>10</sup> Intel начала строительство двух заводов по производству чипов в Аризоне // <https://3dnews.ru/1049870>

<sup>11</sup> Десятки тайваньских спецов с семьями едут выручать российскую электронику // [https://www.cnews.ru/news/top/2021-09-20\\_nmteh\\_perevezet\\_v\\_rossiyu](https://www.cnews.ru/news/top/2021-09-20_nmteh_perevezet_v_rossiyu)

<sup>12</sup> Российская электроника на грани катастрофы – <http://lenta.ru/russia/2004/05/21/electronic/>