

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
<i>Положихина М.А.</i> Тенденции и проблемы развития ИТ-индустрии (на примере производства персональных компьютеров)	10
<i>Семяко Г.В.</i> Финтех 4.0: современное состояние и тенденции	78

ПРЕДИСЛОВИЕ

Процесс цифровизации начался, по историческим меркам, совсем недавно. Однако, стремительно разворачиваясь в пространстве и времени, он уже проник во все сферы жизни социума и превратился в важнейшее глобальное направление общественного развития. Мониторинг тенденций и осмысление разнообразных последствий цифровизации, а также ее влияния на различные стороны человеческой жизни представляет собой актуальную научную задачу, что, в свою очередь, служит обоснованием настоящего обзора.

Следует отметить, что сам термин «цифровизация» появился в середине 2010-х годов и еще недостаточно однозначно закрепился в официальных документах, научном дискурсе и мировоззрении людей.

Сначала заговорили о возникновении цифровой экономики. По общему мнению, это понятие ввел в употребление в 1995 г. американский специалист по информатике Н. Негропonte (N. Negroponte) из Массачусетского технологического университета¹. Международное признание понятие «цифровая экономика» и представления о цифровой трансформации общества получили в 2016 г., после выхода доклада Всемирного банка «Цифровые дивиденды»². До этого для обозначения экономических отношений, возникающих благодаря использованию новых информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и вокруг них, применялись другие термины (такие, как

¹ Урманцева А. Цифровая экономика: как специалисты понимают этот термин // РИА. Наука. – 2017. – 16.06. – URL: <https://ria.ru/science/20170616/1496663946.html>; Митин В. Семь определений цифровой экономики // IT Channel News. Новости и статьи. – 2017. – URL: <https://www.novostiitkanala.ru/news/detail.php?ID=116780> (дата обращения: 04.12.2023).

² Доклад о мировом развитии 2016. Цифровые дивиденды. Обзор / Всемирный банк. – Вашингтон, 2016. – 58 с.

«информационная экономика», «электронная экономика» и т.д.)¹. Причем сразу сформировались два направления толкования процесса цифровизации – узкое и широкое.

В России узкое определение цифровизации как «перехода с аналоговой формы передачи информации на цифровую» впервые на официальном уровне было представлено в распоряжении Правительства Москвы от 11.10.2010 № 2215-РП². Но уже в 2016–2017 гг. видение цифровизации существенно расширилось – и в глобальном масштабе, и в России в частности. Теперь этот процесс стал рассматриваться как трансформация экономических, социальных и культурных отношений в результате использования новых (цифровых) ИКТ.

В настоящее время, как представляется, уже наблюдается цифровая трансформация социума. «Ведь новые ИКТ проникают во все общественные сферы, а происходящие изменения во многом аналогичны преобразованиям, имевшим место в начале XX в. в связи с процессом электрификации. ...можно говорить о двух параллельных (хотя и взаимосвязанных) направлениях трансформации. Первое является в большей степени социальным и выражается в формировании новой социальной среды за счет развития новых способов коммуникаций и конструкций виртуального мира – так называемого Интернета людей (Internet of people, IoP). В этот процесс входят цифровизация научного и культурного наследия (создание электронных библиотек, музеев и изданий); проведение общественных мероприятий онлайн (онлайн-трансляции, веб-конференции и пр.), наконец, электронное государство. <...> В данном контексте можно говорить об искусственном процессе создания ноосферы, о которой писал еще В.И. Вернадский. Новая социальная (цифровая) среда неизбежно ведет к психофизическим изменениям самого человека и к серьезному преобразованию всего общества... Второе направление трансформации захватывает преимущественно экономическую сферу и заключается в появлении новых видов деятельности, а также цифровизации традиционных отраслей. Некоторые специалисты связывают с этой (очередной)

¹ Положихина М.А. Цифровая экономика как социально-экономический феномен // Экономические и социальные проблемы России. – 2018. – № 1 : Цифровая экономика: современное состояние и перспективы развития. – С. 9.

² Кондратьева М.Н., Комахина А.В. Цифровизация: исследование основных терминов // Экономика и управление. – 2022. – № 39 (165). – С. 136.

“волной” внедрения ИКТ формирование нового технологического уклада – Индустрии 4.0 или четвертой промышленной революции»¹.

В настоящем обзоре цифровизация рассматривается именно с этой точки зрения – как развитие новых и преобразование традиционных видов деятельности под влиянием распространения цифровых технологий. В соответствии с принятым отраслевым подходом непосредственно предметом изучения служат две чрезвычайно важные области: ИТ-индустрия² и финтех-индустрия. Эти разные направления («границы») цифровизации, при всей своей непохожести (первое относится к промышленности, второе – к сфере услуг), наглядно демонстрируют палитру преимуществ и проблем, связанных с распространением цифровых технологий.

Развитие ИТ-индустрии служит материальной основой процесса цифровизации, поэтому повышенное внимание к ней вполне обоснованно. При этом номенклатура продукции ИТ-индустрии чрезвычайно разнообразна. Российское аналитическое агентство TAdviser выделяет 16 крупных сегментов рынка аппаратного обеспечения (оборудования) и более 30 сегментов рынка программного обеспечения (ПО, «софта»)³. Поэтому в обзоре рассматриваются только несколько основных и массовых из них: производство персональных компьютеров (ПК)⁴, процессоров и операционных систем (ОС).

В свою очередь, одним из наиболее энергичных «потребителей» новых цифровых технологий в глобальном масштабе является финансовый сектор, относящийся к числу лидеров по глубине цифровой трансформации среди других видов человеческой деятельности. Так, в течение последних двух десятилетий в мировой экономике сформировался быстрорастущий сегмент финтех-индустрии, который объединяет высокотехнологичные компании, ра-

¹ Положихина М.А. Цифровая экономика как социально-экономический феномен // Экономические и социальные проблемы России. – 2018. – № 1 : Цифровая экономика: современное состояние и перспективы развития. – С. 11–12.

² В России к сектору ИКТ относят телекоммуникацию (связь), производство ИКТ-оборудования, оказание ИКТ-услуг и оптовую торговлю ИКТ-товарами. Это шире понятия ИТ-индустрии, под которой в данном обзоре понимается производство компьютерного и сетевого оборудования, а также программного обеспечения. Можно сказать, что ИТ-индустрия является «ядром» сектора ИКТ.

³ Услуги аналитического центра TAdviser // TAdviser. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Аналитика_TAdviser (дата обращения: 30.10.2023).

⁴ ПК включают настольные (десктопы) и портативные (ноутбуки и/или лэптопы) компьютеры. К ним также относятся неттопы (небольшие по размеру настольные ПК) и моноблоки, но не мобильные устройства (планшеты и смартфоны).

ботающие в сфере финансовых услуг (финтех-компании). Этот сегмент стал мощным драйвером инновационных изменений в финансовом секторе, в том числе в способах предоставления финансовых услуг, их характеристиках и использовании потребителями.

Ключом к успеху финтех-компаний стала их способность выявлять и устранять проблемы, с которыми сталкиваются клиенты традиционных финансовых институтов (банков, инвестиционных фирм, компаний по управлению капиталом, страховых компаний и т.д.). Финтех-компании демократизируют сферу финансов, предоставляя доступ к финансовым услугам широкому кругу потребителей, включая тех, кто по ряду причин не мог ими пользоваться или пользовался в ограниченном объеме. Кроме того, финтех-компании являются генераторами технологических инноваций, создают продукты на основе самых современных технологий для конечных потребителей и банков, внедряют экономически эффективные способы обслуживания благодаря технологически продвинутой инфраструктуре и упрощенным процедурам взаимодействия с клиентами.

В настоящем обзоре представлены этапы развития ИТ и финтех-индустрий в историческом разрезе, особенности текущего состояния, а также их проблемы и перспективы на глобальном и страновом уровнях. Кроме того, анализируется влияние различных факторов (геополитических, социально-экономических, регуляторных, личностных) на динамику в этих сферах деятельности. Развитие ИТ и финтех-индустрии рассматривается на примере таких стран, как США, Китай и Россия.

Выбор стран вполне закономерен. США были и во многом остаются лидером в разных направлениях цифровизации (включая те, которым непосредственно посвящен настоящий обзор) с самого начала данного процесса. В свою очередь, Китай, наращивая темпы роста и компетенции в сфере ИКТ, настойчиво стремится занять здесь передовые позиции. И ему уже многое удалось. Так, страна стала одним из крупнейших игроков на мировом рынке финтеха, лидируя в глобальном масштабе по его размеру и общему количеству пользователей.

России досталось достаточно неплохое «наследство» от СССР в сфере ИКТ. Однако в международных рейтингах, учитывающих развитие этого сектора, страна занимает не очень высокие позиции¹. Она обычно относится ко «второму эшелону», уступаю-

¹ Индикаторы цифровой экономики: 2022 : статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг [и др.] ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – Москва : НИУ ВШЭ, 2023. – С. 20–30.

щему лидерам по большинству направлений. Подобное отставание нельзя считать приемлемым, особенно на фоне достижений СССР в области ИКТ и еще хорошего отечественного технического образования, а также современной геополитической ситуации.

Международные рейтинги также показывают диспропорции в развитии сектора ИКТ в России. Значения индексов, связанных с характеристиками человеческого капитала (цифровые навыки населения, знания, высшее образование, выпускники научных и инженерных специальностей и т.д.), значительно превосходят значения индексов развития цифровых технологий, экспорта ИКТ-услуг, расходов на программное обеспечение и т.д. Это свидетельствует о том, что существующий потенциал в данной сфере в России в полной мере не используется. Более того, внедрение ИКТ в экономику и жизнь общества долгое время происходило на основе импортного оборудования и программного обеспечения. Даже самые успешные отечественные компании («Яндекс», Mail.ru Group, Лаборатория Касперского и др.) далеко отстают от крупнейших ИТ компаний мира.

Тем не менее нельзя не отметить, что за последние годы Россия увеличила темпы цифровизации по многим направлениям и добилась здесь определенных успехов. «Такому развитию способствует активная государственная поддержка, которая осуществляется в рамках реализации национальных проектов РФ и затрагивает всех игроков национальной экономики. Среди успешных проектов... можно выделить федеральный портал «Госуслуги», цифровизацию Федеральной налоговой службы, а также проекты Правительства Москвы («Мои документы», «Парковки», «Моя поликлиника» и др.)»¹.

Финтех- и ИТ-индустрия входят в число достаточно динамично растущих отраслей российской экономики. Следует подчеркнуть, что в настоящее время от возможностей национальной ИТ-индустрии во многом зависят геэкономическая конкурентоспособность и геополитическая безопасность страны, а также перспективы ее социально-экономического развития (включая способность поддерживать и совершенствовать другие современные производства, в том числе космические, новых вооружений, атомные, медицинские и т.д.). Не меньшее значение для России имеют и цифровые финансовые технологии. Их использование позволяет нивелировать ряд негативных эффектов жестких антироссийских санкций, стаби-

¹ Кондратьева М.Н., Комахина А.В. Цифровизация: исследование основных терминов // Экономика и управление. – 2022. – № 39 (165). – С. 135.

лизируя отечественную финансовую систему (пример – платежная система «Мир»), а также оказывает позитивное косвенное влияние на развитие других отраслей экономики и социальной сферы страны. Однако имеющиеся структурные диспропорции сдерживают прогресс финтех- и ИТ-индустрий в России, и требуются дополнительные усилия для ускорения их развития.

Решение существующих проблем отечественных финтех- и ИТ-индустрий – разных «полюсов» или «граней» цифровизации – возможно только на основе всестороннего изучения современного состояния российских компаний, перспективных «заделов» в данных областях и системы подготовки соответствующих кадров, а также мировых тенденций в этих сферах деятельности и международного опыта. Материалы настоящего обзора могут служить в качестве источника информации для такого анализа. Сделанные на основе комплексного исследования выводы позволяют совершенствовать меры государственного регулирования и стимулирования процесса цифровизации в России в целях преодоления современных вызовов, перехода от «догоняющей» к «опережающей» траектории развития и закрепления в числе передовых стран мира.

М.А. Положихина

ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ИТ-ИНДУСТРИИ (на примере производства персональных компьютеров)

Необходимо иметь в виду, что статистика о производстве любого компьютерного оборудования и программного обеспечения (ПО) весьма фрагментирована, и агрегировать ее в мировом масштабе крайне сложно. Поэтому в аналитических целях используются данные о продаже (поставках на рынок) тех или иных устройств (продуктов), которые предоставляют специализированные исследовательские структуры.

Сбором и анализом статистической информации о глобальных рынках продуктов ИКТ, включая ПК, уже не одно десятилетие занимаются две авторитетные международные исследовательские и консалтинговые компании – Gartner¹ и International Data Corporation (IDC)². Хотя их данные несколько различаются между собой в силу методологических особенностей (Gartner обычно дает более высокие оценки), многие международные и официальные организации на этой базе строят свои выводы и рекомендации.

В России аналогичную функцию выполняет компания TAdviser³. Кроме того, относящуюся к сфере ИКТ информацию предоставляют новостные (РБК, «Коммерсант» и др.) и специальные издания (например, CNews⁴), а также профессиональные со-

¹ Основана в 1979 г., штаб-квартира расположена в г. Стэмфорд, штат Коннектикут, США.

² Основана в 1964 г., штаб-квартира расположена в г. Фреймингем, штат Массачусетс, США.

³ Домен TAdviser.ru зарегистрирован в России в 2005 г.

⁴ Создана в холдинге РБК в 2000 г., с 2018 г. развивается как независимая компания.

общества («Хабр»¹, OpenNET² и др.). Информации из перечисленных источников служит основой для настоящего обзора.

Производство персональных компьютеров в мире

По оценкам аналитиков компании Gartner, в 2020 г. в эксплуатации в глобальном масштабе находились 522 млн настольных ПК и 796 млн ноутбуков, а также 479 млн планшетов и 4,3 млрд смартфонов (в целом 6,08 млрд единиц, или 77 компьютерных устройств на 100 человек населения Земли). По итогам 2021 г., полагали аналитики, количество используемой вычислительной техники достигнет 6,22 млрд, в том числе 866 млн ноутбуков и 535 млн планшетов, но 495 млн десктопов. Согласно прогнозу, в 2022 г. количество находящихся в эксплуатации компьютерных устройств должно было увеличиться до 6,42 млрд единиц [Gartner Forecasts..., 2021].

Как показывают данные компании Gartner, в последние десятилетия мировой рынок ПК характеризовался неравномерной и неоднозначной динамикой (рис. 1).

Продажи ПК достаточно быстро и непрерывно росли, начиная с их появления в 1980-х годах. Но уже с 2012 г. масштабы рынка стали сокращаться из-за насыщения спроса и его смещения в сторону мобильных устройств (смартфонов и планшетов). По сравнению с максимальным объемом поставок в 2011 г. (363,9 млн шт.) за семь лет они упали почти на 30% (до 259,4 млн шт. в 2018 г.). В 2019 г. масштабы продаж ПК начали восстанавливаться. В условиях пандемии COVID-19 люди стали чаще учиться и работать дистанционно, в результате чего спрос на этот вид компьютерной техники (особенно ноутбуков) повысился. В 2021 г. (согласно данным компании Gartner) объем мирового рынка ПК достиг 341,7 млн шт., увеличившись на 30,8% по сравнению с 2019 г. Однако эффект от «всплеска спроса, вызванного удаленной работой времен пандемии COVID-19», был кратковременным. Появление нового поколения смартфонов (выступающих в качестве прямых конкурентов ПК), насыщение бизнес-сектора оборудованием и снижение его исполь-

¹ Веб-сайт в формате системы тематических коллективных блогов специалистов в области ИКТ. Платформа запущена в 2006 г.

² Веб-сайт, посвященный открытым и свободным компьютерным технологиям. Сайт был создан в 1996 г. как домашняя страница, а в 1998 г. был зарегистрирован в качестве отдельного домена.

зования населением в 2022 г. «привели к резкому падению объема продаж – на 16,2% по сравнению с 2021 г.». И тенденция к сокращению спроса на ПК (а следовательно, и объема их продаж) в глобальном масштабе сохранилась в 2023 г. [Компьютеры (мировой рынок), 2023].

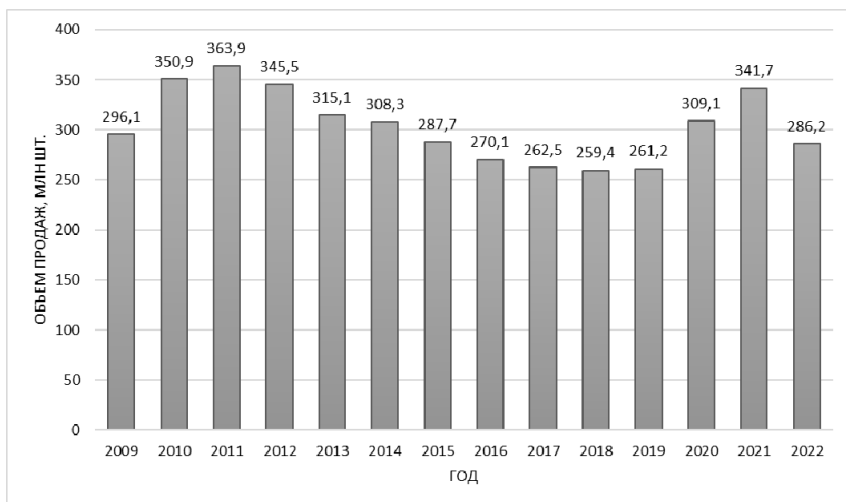


Рис. 1. Динамика продаж ПК в мировом масштабе с 2009 по 2022 г., млн шт.
Источник: [Компьютеры (мировой рынок), 2023].

Основными поставщиками компьютерного оборудования на мировой рынок (по данным на 2019 г.) выступают Китай (вместе с Гонконгом – 169 млрд долл., или 46,0% рынка), Мексика (32 млрд долл., или 8,7% рынка), Нидерланды (28 млрд долл., или 7,7% рынка) и США (26 млрд долл., или 7,0% рынка). Более 2% мирового объема поставок компьютерного оборудования в 2019 г. осуществляли (по отдельности) Германия, Чехия, Таиланд и Тайвань [Компьютеры (мировой рынок), 2023]. При этом Мексика, Чехия и Таиланд являются в основном площадками для сборки продукции крупнейших транснациональных компаний в сфере компьютерного оборудования или производства отдельных комплектующих. Хотя следует признать весьма впечатляющими достижения, например, Мексики в данной области [Корчевская, 2012].

Сам мировой рынок ПК представляет собой олигополию – на продукцию шести компаний в 2022 г. приходилось 85,5% их розничных продаж. В настоящее время крупнейшим в мире производителем ПК является компания Lenovo (Китай), занимающая более 24% рынка (табл. 1).

Таблица 1

Основные мировые производители ПК*

№ п/п	Компании	Объем поставок на рынок, 2022 г., млн шт.	Темпы роста, 2022 к 2021 г., %	Доля рынка, %
1	Lenovo (Китай)	69,0	-17,3	24,1
2	HP Inc. (США)	55,5	-25,1	19,4
3	Dell Technologies (США)	50,0	-16,0	17,5
4	Apple (США)	27,9	3,6	9,8
5	Asus (Тайвань)	20,7	-4,5	7,2
6	Acer Group (Тайвань)	18,7	-22,9	6,5
7	Прочие	44,3	-14,2	15,5
8	Всего	286,2	-16,2	100,0

*Источник: [Компьютеры (мировой рынок), 2023].

Остальные лидеры по производству ПК – это компании из США и Тайваня. Все они относятся к транснациональным структурам, филиалы и заводы которых располагаются в разных странах мира.

Производство операционных систем. При большом разнообразии операционных систем (ОС) для ПК в настоящее время наибольшее распространение получили: версии Windows (компания Microsoft, США, разрабатываются с 1985 г.) и UNIX-подобные ОС¹. К последним относится ОС Linux со свободным и общедоступным кодом (создана в 1991 г. Л. Торвальдсом), закрытая ОС MacOS (создана в 2001 г. компанией Apple для компьютеров собственного производства), FreeBSD (первая версия вышла в 1993 г.) и т.д. Версий ОС Linux к настоящему времени разработано много, но основными считаются Ubuntu, Mint и Fedora. На Linux также основывается ОС Debian (а на ней, в свою очередь, ОС Deepin).

¹ ОС UNIX была разработана в 1969 г. в подразделении Bell Labs компании AT&T (США).

По состоянию на ноябрь 2023 г. 68,9% десктопов в мире используют ОС Windows, 21,2% – MacOS, 3,7% – Chrome OS (компания Google) и 3,2% – Linux. В России доля ОС Windows остается существенно больше (86,9%), тогда как MacOS и Linux – меньше (6,0 и 2,0% соответственно) [Desktop operating system..., 2023]. Если в первом случае это объясняется прежде всего относительно низкой популярностью в стране ПК от Apple (из-за их более высокой цены), то во втором – медленным импортозамещением ПО.

Производство процессоров. Центральным элементом любого компьютера является его процессор, который представляет собой сложную интегральную микросхему¹. Специалисты различают архитектуру и микроархитектуру процессора². «Распространенных процессорных архитектур в мире не много: почти весь рынок [до середины 2010-х годов] был поделен между тремя компаниями – Intel (США), ARM (Advanced RISC Machines, Великобритания-Япония)³ и MIPS Technologies (США)⁴. <...> Первая уже не

¹ Интегральная микросхема (часто называемая просто чипом, от англ. «chip» – «тонкая пластинка») – «электронная схема произвольной сложности (кристалл), изготовленная на полупроводниковой подложке (пластине из кремния или пленке) и обычно помещенная в неразборный корпус». Передовым способом изготовления микросхем в настоящее время является фотолитография, при которой используется ультрафиолетовое излучение (технология DUV или EUV). Характеристики технологического процесса производства выступают минимальные контролируемые размеры топологии фотоповторителя (контактные окна в оксиде кремния, ширина затворов в транзисторах и т.д.) и, как следствие, размеры транзисторов (и других элементов) на кристалле. До 1990-х годов технологический процесс измерялся в микрометрах (мкм), сейчас – в нанометрах (нм) [Интегральная микросхема, 2023].

² Архитектура процессора – это система команд, которую он поддерживает. Она важна для программистов: именно от архитектуры зависит, какие программы будут с этим процессором совместимы. Микроархитектура процессора – это внутренняя схема устройства. Процессоры с одинаковой архитектурой, но разной микроархитектурой могут выполнять одинаковые программы без перетрансляции, но отличаться производительностью.

³ Основана в 1990 г. как совместное предприятие компаний Armco, Apple и VLSI, с 2016 г. принадлежит японской компании SoftBank [ARM, 2023].

⁴ Основана в 1984 г. исследователями из Стэнфордского университета (США), в 2012 г. была приобретена компанией Imagination Technologies (Великобритания), но ее патенты остались у американского консорциума Bridge Crossing. Занималась проектированием микропроцессоров. Наиболее известные продукты: архитектура MIPS и линейка RISC-процессоров. В 2018 г. активы MIPS перешли под контроль стартапа Wave Computing (США) – были выкуплены фондом Tallewood Venture Capital у Imagination Technologies, которая находилась на

одно десятилетие доминирует в десктопах и ноутбуках, а две остальные нашли свое призвание в мобильных устройствах и встраиваемых промышленных компьютерах. Причем компании ARM и MIPS Technologies не выпускают процессоры сами, предпочитая продавать лицензии» [Артамонов, 2015]. И хотя положение компаний на рынке микросхем меняется (в последнее десятилетие MIPS Technologies стремительно потеряла свои позиции из-за распространения архитектуры RISC-V¹), догнать или сместить двух других лидеров в данной области весьма непросто.

Производство микросхем относится к одной из наиболее сложных и дорогих технологий. В связи с этим в мире очень немногих компаний, которые выпускают микросхемы, а также сами процессоры на их основе.

Основным мировым производителем полупроводниковой продукции (чипмейкером) считается компания Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) – в 2020 г. ее доля на соответствующем рынке составила 51,9%. На втором месте находилась компания Samsung Electronic (Южная Корея) с долей 18,8%. Тройку лидеров замыкала Intel (США) [Касми, 2020]. В 2019 г. шесть компаний – лидеров по контрактному производству микросхем (TSMC, Samsung Electronic, GF, UMC, SMIC, TowerJazz) показали объемы продаж более 1 млрд долл. каждая, что суммарно составило свыше 31 млрд долл., или почти 75% объема мирового рынка (табл. 2). На пять стран (Тайвань, Южная Корея, Япония, США и Китай) приходилось более 85% мирового производства микросхем (в натуральном выражении) [Кто есть кто в мировой микроэлектронике, 2020]. Таким образом, ситуация хотя и меняется, но медленно.

пороге банкротства (в результате отказа Apple от графического ядра RowerVR). В 2020 г. Wave Computing объявил о своем банкротстве, и после реорганизации в 2021 г. MIPS Technologies объявила о прекращении разработки архитектуры MIPS и переходе на создание систем на базе архитектуры RISC-V, а также на выпуск чипов. При этом патенты и лицензии на MIPS архитектуру выкуплены китайской компанией CIP United Co (Шанхай) [MIPS (архитектура), 2023; Легким движением руки..., 2021; Владелец архитектуры..., 2020].

¹ Архитектура RISC-V (*reduced instruction set computer*) является открытой и не требующей лицензионных выплат. Создана в 2010 г. в Отделении информатики Калифорнийского университета в Беркли (США). Поддержка и развитие RISC-V осуществляется некоммерческой организацией (ассоциацией) RISC-V International (штаб-квартира в Цюрихе, Швейцария), в которую входят более 1000 членов в 50 странах, и соответствующим фондом (созданы в 2015 г.) [RISC-V, 2023]. Многие компании и даже страны уже перешли на ее использование.

**Крупнейшие контрактные производители¹ микросхем
(по состоянию на 2019 г.)****

№ п/п	Компания	Страна	Фабрики	Примерная годовая выручка, млрд долл.	Минимальный проектный размер чипов, нм
1	TSMC	Тайвань	Тайвань, США, Сингапур	35	7
2	Samsung*	Ю. Корея	Ю. Корея, Китай	12	7
3	Global Foundries (GF)	США	США, Германия, Сингапур	6	12
4	UMC	Тайвань	Тайвань, Китай, Сингапур	5	14
5	SMIC	Китай	Китай	3	14
6	TowerJazz	Израиль	Израиль, США	1,2	45
7	HN Grace	Китай	Китай	0,9	90
8	VIS	Тайвань	Тайвань	0,8	110
9	Powerchip	Тайвань	Тайвань	0,8	20
10	Dongbu HiTex	Ю. Корея	Ю. Корея	0,6	90
11	Остальные			2,5	

* Для Samsung даны ориентировочные показатели только по контрактному производству для внешних заказчиков.

** Источник: [Кто есть кто в мировой микроэлектронике, 2020].

Причиной ограниченности круга производителей микросхем во многом служат сложность и высокая цена оборудования, которое к тому же стремительно дорожает с каждым новым уменьшением техпроцесса. По некоторым оценкам, «стоимость самостоятельной разработки оборудования для EUV-литографии составляет порядка 100 млрд руб. и около 10 лет работы», что неподъемно для частных структур (но не для государств) [Домницкий, 2021б]. Именно поэтому оборудование для производства микросхем в мире выпускают всего несколько компаний – из США, Японии и Нидерландов (табл. 3).

¹ Производители, которые выполняют контракты по изготовлению (поставке) компонентов или готовой продукции, заключенные с другими компаниями.

**Основные производители оборудования
для микроэлектронной отрасли (по данным на 2019 г.)***

№ п/п	Компания	Страна	Выручка, млрд долл.	Специализация
1	Applied Materials	США	17	Все стадии производства
2	ASML	Нидерланды	12	Литография
3	Lam Research	США	10	Травление, напыление
4	KLA	США	4	Управление процессом и метрология
5	Tokyo Electron	Япония	1,3	Все стадии производства
6	Другие		около 12	

* Источник: [Кто есть кто в мировой микроэлектронике, 2020].

Однако основанная на использовании кремния полупроводниковая индустрия уже «уперлась» в физический потолок уменьшения топологических размеров техпроцесса из-за проблем с отведением тепла и появлением квантовых эффектов (возрастание тока утечки, нестабильность туннелирования, рост энергопотребления и т.д.). Более того, уменьшение проектных норм перестает быть критически важным конкурентным преимуществом.

С технической точки зрения дальнейшее уменьшение проектных норм возможно с переходом на ангстремы¹ [Созинов, 2023]. Однако при этом нужно использовать другую микроархитектуру (уплотненную, вертикальную и т.д.) и отказаться от кремния (в пользу других материалов – например, сульфидов или селенидов вольфрама или молибдена). Причем технологическая цепочка такого производства еще не отработана. С экономической точки зрения переход на ангстремный техпроцесс весьма затратен и вызовет значительный рост цен на продукцию. Кроме того, если кремний относится к числу наиболее распространенных на Земле элементов, то ресурсы вольфрама и молибдена гораздо более ограничены (как и масштабы их производства), что не может не сказаться на объемах выпуска базирующихся на их использовании устройств.

Перспективы: «квантовая гонка». Одной из самых важных глобальных тенденций в компьютерной сфере в настоящее время

¹ 1 а = 0,1 нм = 10⁻⁴ мкм.

является приближение к созданию коммерчески успешного квантового компьютера¹. Сейчас в мире разворачивается «гонка» по созданию универсального компьютера на квантах, которую сравнивают с послевоенными «атомной», «космической» и «лунной».

К идее квантового компьютера ученые пришли в 1980-х годах. Элементарную модель квантового компьютера предложил в 1981 г. Р. Фейнман в докладе на первой конференции по физике вычислений в Массачусетском технологическом институте (США). «Прошло 17 лет (с 1981 до 1998) с момента возникновения идеи до ее первой реализации в компьютере с двумя кубитами² и 21 год (с 1998 до 2019) до момента, когда количество кубитов увеличилось до 53» [Решетникова, 2021; Как работает квантовый компьютер..., 2019]. Создать квантовый компьютер пытаются на основе разных технологий, наиболее распространенными на сегодняшний момент являются: использование сверхпроводников, зарядов (спина электронов или ядра атома), фотонов, ионных ловушек [Квантовый компьютер, 2023].

Специалисты считают, что квантовые компьютеры «в перспективе обеспечат колоссальный рост производительности по сравнению с классическими системами при решении определенных задач. Это приведет к значительному прогрессу в различных отраслях, включая аэрокосмическую, оборонную, автомобильную, химическую, финансовую и фармацевтическую сферы. Кроме того, квантовые технологии позволят формировать сверхзащищенные каналы связи, а квантовые датчики дадут возможность выполнять измерения различных физических величин с точностью, которая на несколько порядков выше, чем у классических сенсоров» [Квантовые компьютеры (мировой рынок), 2023].

Привлекательность возможностей квантовых компьютеров, а также тот факт, что технология полупроводниковых микросхем подошла к своему пределу, определяют повышенный интерес к данной тематике во всем мире. «Самые продвинутые научные центры в США, Китае, Германии, Японии стремятся перегнать друг друга в этой области» [Квантовые компьютеры (мировой рынок), 2023].

¹ Квантовый компьютер – это «вычислительное устройство, которое использует явления квантовой механики (квантовую суперпозицию, квантовую запутанность) для передачи и обработки данных. Квантовый компьютер (в отличие от обычного) оперирует не битами (способными принимать значение либо 0, либо 1), а кубитами, имеющими значения одновременно и 0, и 1» [Квантовый компьютер, 2023].

² На основе явления ядерного магнитного резонанса (ЯРМ-компьютер) в лаборатории IBM.

В настоящее время страны вкладывают огромные суммы в развитие квантовых технологий. «Безусловным лидером в области квантовых вычислений являются США. Принятый в 2018 г. Закон о Национальной квантовой инициативе (National Quantum Initiative Act) предусматривает сотрудничество федеральных центров с академическими учреждениями и частным сектором. В августе 2020 г. в США создали пять федеральных центров квантовой информации под управлением Национальных лабораторий Министерства энергетики. Каждый из них получит по 115 млн долл. госфинансирования до 2024 г. Общий бюджет Национальной квантовой инициативы составляет 1,2 млрд долл. <...> В 2016 г. Китай начал национальный мегапроект по развитию квантовой связи и вычислений, который предполагает достижение основных результатов в этих направлениях к 2030 г. В 2017 г. китайское правительство вложило 10 млрд долл. в создание крупнейшей в мире квантовой лаборатории в городе Хэфэй, к востоку от Шанхая. За последние 15 лет бюджет поддержки разработок составил около 1 млрд долл. <...> В Евросоюзе в 2018 г. была запущена программа Quantum Flagship с бюджетом один млрд евро, в рамках которой поддержано порядка 20 проектов» [Юнусов, 2021]. Кроме того, свои программы по развитию квантовых технологий имеют отдельные европейские (Великобритания, Германия, Нидерланды) и азиатские (Япония, Южная Корея, Тайвань) страны, а также Израиль и Сингапур. Большое внимание данному направлению уделяется в Канаде. В 2020 г. здесь был «организован индустриальный консорциум в целях содействия скорейшей коммерциализации квантовых вычислений» [Юнусов, 2021; Квантовые компьютеры (мировой рынок), 2023].

В «квантовой гонке» участвуют не только государства, но и частные компании, в первую очередь американские. IBM, Google, Intel и Microsoft создали крупные лаборатории и исследовательские центры в данном направлении. Пока «ключевыми сферами применения квантовых технологий называют финансовый сектор, кибербезопасность и научную область» [Квантовые компьютеры (мировой рынок), 2023].

Определенные успехи в разработке доступных для коммерческого использования квантовых технологий уже достигнуты. Одним из первопроходцев в данной области «считается канадская компания D-Wave Quantum. Выпуск ее первых моделей состоялся в 2007 г. В 2016 г. компания создала компьютер D-Wave 2000Q с 2000-кубитным процессором и продала его за 15 млн долл. фирме

Temporal Defense Systems, которая специализируется на информационной безопасности. В 2020 г. D-Wave начала предлагать коммерческий доступ через облако к специализированным квантовым компьютерам Advantage с пятью тысячами кубитов, которые пригодны для решения сложных оптимизационных задач». По словам представителей компании, по своей производительности квантовые «превосходят “обыкновенные” серверы в специализированных задачах в 1000 и более раз. Впрочем, именно это и называют слабой стороной компьютера, который способен выполнять достаточно узкий спектр операций». Тем не менее в 2022 г. «в число клиентов D-Wave уже вошел ряд крупных компаний, в том числе автомобильный концерн Volkswagen AG, компания – разработчик ПО Accenture и производитель оборонных систем Lockheed Martin» [Квантовые компьютеры (мировой рынок), 2023]. Более того, Юлихский исследовательский центр в Германии запустил квантовый суперкомпьютер с более чем 5000 кубитов, который был создан на базе системы D-Wave с удаленным облачным доступом [Квантовый компьютер, 2023].

«В 2018 г. Intel сообщил о создании сверхпроводящей квантовой микросхемы под названием “Tangle Lake”, обладающей 49 кубитами», а в 2022 г. представил процессор на 144 кубитах и работает над процессором с 1000 кубитов (по технологии сверхпроводящих транзисторов). В 2018 г. «компания Google объявила о создании квантового процессора Bristlecone с 72 кубитами... а в 2019 г. ей удалось построить 53-кубитный сверхпроводящий квантовый процессор Sycamore». В этом же году компания IBM открыла коммерческий доступ к 53-кубитному облачному квантовому универсальному компьютеру (Quantum System One), а «в 2022 г. представила новый квантовый процессор Osprey, с 433 кубитами, который будет использовать компьютер IBM Quantum System Two» [Квантовый компьютер, 2023]. В 2022 г. Microsoft анонсировала свой первый квантовый процессор на 80 кубитах, который будет доступен через облачный сервис Azure Quantum.

«В 2019 г. японская компания Fujitsu создала вычислитель, работающий по принципу квантового отжига, с 8192 кубитами. Он до сих пор крупнейший в мире, активно используется различными компаниями для решения сложнейших задач оптимизации. Например, Toyota Systems использовала его для оптимизации крупномасштабной логистической сети с более чем 3 млн возможных маршрутов» [Юнусов, 2021].

«В 2021 г. группы китайских ученых создали два прототипа квантовых компьютеров: сверхпроводящий квантовый процессор «Цзу Чунчжи 2.1» с 66 кубитами и квантовый компьютер «Цзючжан-2.0» со 113 обнаруженными фотонами (кубитами)». Причем в 2020 г. первая модель «Цзючжан» достигла квантового превосходства, т.е. провела вычисления быстрее классического компьютера [Квантовый компьютер, 2023]. Собственные проекты «развивают китайские компании Tencent и Baidu, а в начале 2020 г. Alibaba объявила о выпуске 10-кубитового квантового облачного компьютера». Тогда же «исследователи Китайского университета науки и технологий в Хэфэе заявили, что создали самый мощный в мире квантовый компьютер. По их словам, он в 10 млрд раз быстрее прототипа от Google». Кроме того, в Китае «с 2012 г. работает коммуникационная квантовая сеть, а в 2016 г. страна запустила первый в мире квантовый спутник» [Юнусов, 2021].

Однако для массового внедрения квантовых компьютеров еще далеко – и этому препятствует целый ряд проблем. Во-первых, квантовые компьютеры не могут работать со стандартным ПО – для них требуются своя ОС и приложения. Многие компании уже преступили к решению этой задачи. Так, «IBM уже представила программную платформу для квантовых вычислений с открытым исходным кодом под названием Qiskit. Microsoft выпустила инструмент бесплатного разработчика вычислительной техники на языке Q# и симулятор квантовых вычислений. Над разработкой ПО для квантовых компьютеров работают также IQBit, Cambridge Quantum Computing, QSimulate, Rahko, Zapata и другие компании» [Решетникова, 2021]. «Однако для их реального воплощения требуется решить различные научно-технологические задачи в условиях конкретной элементной базы» [Квантовые компьютеры (мировой рынок), 2023].

Во-вторых, чем больше кубитов включается в систему, тем нестабильнее она становится, и растет количество ошибок. Наконец, квантовая система (включая передачу полученных результатов) зависит от внешнего воздействия, которое может ее разрушить или внести искажения [Квантовый компьютер, 2023]. В связи с этим задача масштабирования квантовых систем становится весьма нетривиальной. По этой причине технологии, применяемые при создании квантовых компьютеров, очень сложны, еще не отработаны и не дошли до эффективного с коммерческой точки зрения предложения. Кроме того, специалистов в данной области очень немного во всем мире.

Несмотря на техническую сложность и высокую стоимость, квантовый компьютер считается «следующим этапом развития технологий» [Юнусов, 2021]. Создание технически надежной и экономически выгодной модели квантового компьютера станет очередной революцией в компьютерном мире. Освоение квантовых технологий приведет к появлению новых лидеров в ИТ-индустрии.

В настоящее время полным набором критически важных технологий для производства ПК владеют США (хотя часто в форме лицензий и НИОКР) и частичным – Япония, Южная Корея и Тайвань; стремится достичь такого положения Китай. Остановимся на создании и развитии производства компьютерного оборудования в США, Китае и на Тайване подробнее, так как именно эти страны во многом определяют тенденции мирового рынка.

Производство компьютеров в США

США являются «пионером» в производстве ПК, как и ЭВМ в целом, которые «появились во время Второй мировой войны благодаря потребностям армии в высокоскоростных вычислениях» [Бланк, 2004]. Именно здесь возникли многие современные компании – мировые лидеры в разных сегментах ИКТ-рынка, а в настоящее время располагаются их штаб-квартиры. Следует отметить, что становление ИТ-отрасли происходило в условиях острой конкурентной борьбы, сопровождавшейся как успехом новых производителей, так и неудачами и уходом с рынка компьютеров. При этом большое значение имели государственные заказы (особенно военные на начальных этапах развития отрасли), а также антимонопольное (антитрестовое) регулирование.

Начало пути: 1940–1960-е годы. «Начало американской ИТ-индустрии было положено в ноябре 1945 г., когда по заказу исследовательской лаборатории по баллистике армии США (US Army's Ballistics Research Lab) Пенсильванский университет закончил секретный проект – создал первый программируемый вычислитель ENIAC (Electronic Numeric Integrator, Analyzer and Computer). Контракт был заключен в 1943 г., когда армия США высадилась в Северной Африке и столкнулась с качественно новыми природными условиями. Потребовались новые артиллерийские таблицы баллистики, для расчета которых нужны были вычислительные мощности», превосходящие возможности существовавших устройств. Заинтересованность военных в высокоскоростных вычислениях (в том числе для

использования при разработке ядерного оружия, для расчета возможности создания водородной бомбы и т.д.), а также крупные военные заказы обеспечивали поддержку развития новой технологии правительством и спрос на новую продукцию вплоть до 1960-х годов [Бланк, 2004а].

В 1946 г. ENIAC был передан в научное пользование, а в 1947 г. его создатели Дж. Мочли (John Mauchly) и Дж.П. Эккерт (John Presper Eckert) организовали компанию EMCC с целью производства универсального компьютера для широкого коммерческого применения. Однако общие издержки проекта превысили имеющийся объем средств, и в 1950 г. Мочли и Эккерт продали EMCC компании Remington Rand¹. Приобретение EMCC, а также компании ERA² (в 1951 г.) позволило Remington Rand выпустить компьютер под торговой маркой UNIVAC, который имел коммерческий успех, и вырваться в лидеры на первом этапе развития компьютерной индустрии, обойдя доминировавшую на рынке оборудования для офисной автоматизации (табуляторов и перфокарт) компанию IBM [Бланк, 2004а].

IBM (International Business Machines) – старейшая компания на американском рынке информационного оборудования, «корни которой восходят к Computer Tabulating and Recording company, или CTR, образовавшейся благодаря слиянию трех компаний в 1911 г.» [Бланк, 2004а]. Она «несколько запоздала с выходом на новый рынок вследствие ряда объективных и субъективных факторов. Являясь крупнейшей компанией на рынке, IBM долгое время пыталась самостоятельно, без помощи государственных контрактов, создать ЭВМ, чтобы сохранить за собой эксклюзивные патенты на разработанную технологию. Однако даже такая крупная компания (чистый доход в конце 1940-х годов около 40 млн долл. в год) не могла взять на себя риск создания ЭВМ без гаран-

¹ Компания Remington Rand была создана в 1927 г. путем слияния компаний Remington Typewriter и Rand Kardex. Изначально она производила офисную технику: пишущие машинки, арифмометры, табуляторы и т.д. Разработанный ею ламповый компьютер EMCC-UNIVAC приобрел большую известность в 1950-х годах, когда сделанные на нем журналистами канала CBS News расчеты предсказали победу на президентских выборах Д. Эйзенхауэра [Бланк, 2004а].

² Компания ERA была основана в 1946 г. при активном содействии ВМФ США и к 1950 г. создала ламповый компьютер ERA 1101, модифицированную версию которого было разрешено поставлять на коммерческий рынок. Из-за возникших финансовых трудностей была продана компании Remington Rand [Бланк, 2004а].

тированного заказа на покупку» [Бланк, 2004а]. Такая возможность открылась во время Корейской войны 1950–1953 гг., когда IBM «заключила договоры с 18-ю правительственными организациями на поставку ЭВМ, получившей патристическое название Defense Calculator» (работающей на транзисторах и использующей для хранения информации магнитную ленту). Впоследствии компьютер был переименован в Model 701 и под этим именем успешно продавался на коммерческом рынке. «С 1955 г. количество установленных компьютеров 700-й серии превысило количество компьютеров, произведенных Remington Rand». Model 650 для малого и среднего бизнеса называют «первым производимым массово компьютером» [Бланк, 2004а].

В середине 1950-х годов IBM вновь заняла доминирующее положение как на рынке компьютеров для правительственных учреждений, так и на рынке компьютеров для бизнеса. «Главная причина неудачи Remington Rand заключалась в отсутствии приемлемой модели для малого и среднего бизнеса». В результате в 1955 г. она была куплена фирмой Sperry Gyroscope, занимавшейся производством оборудования по военным контрактам. В 1986 г. фирма SperryRand объединилась с компанией Burroughs и изменила название на Unisys, полностью переключившись на оказание услуг в области информационных технологий [Бланк, 2004а].

Создание ИТ-индустрии и появление персональных компьютеров: 1960–1970-е годы. В конце 1950-х – начале 1960-х годов в США «осуществлялся ускоренный перенос технологий и знаний из военных программ в гражданскую индустрию... Появились новые отрасли в рамках компьютерной индустрии: с 1950-х годов можно говорить о возникновении полупроводниковой отрасли, в конце 1960-х – отрасли программного обеспечения. Началась университетская подготовка специалистов в области информационных технологий, открылись факультеты информатики (с 1965 г.)» [Бланк, 2004а]. Наряду с рынком суперкомпьютеров и мини-компьютеров в начале 1970-х годов появился рынок программного обеспечения [Бланк, 2004б]. Одновременно «быстрое развитие полупроводниковой технологии сделало возможным в 1959 г. создание кремниевой интегральной схемы, доступной для массового изготовления. Это стало поворотным моментом для развития производства процессоров» [AMD против Intel..., 2021], которое до сих пор движется по этому пути.

«По данным журнала Datamation, в 1961 г. 81,2% компьютерного рынка принадлежало IBM». Успеху компании способство-

вали следующие три фактора: серьезные собственные научные исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР), в результате чего она стала владельцем ключевых патентов; ориентация на сбыт и обслуживание комплексных систем, которой не было у конкурентов; собственное производство периферии (особенно накопителей на магнитной ленте и высокоскоростных принтеров) [Бланк, 2004б]. В 1964 г. IBM создала общую платформу System/360, которая была призвана заменить все ее ранее выпускавшиеся модели. «Спрос на новые компьютеры был настолько высок, что многие компании покупали места в очереди на их поставку... Более того, компьютеры IBM System/360 стали не только американским, но и мировым стандартом» [Бланк, 2004б].

Следует отметить, что компьютеры первых трех поколений были весьма громоздкими сооружениями, весившими тонны и занимавшими большие площади. Такие компьютеры – большие, универсальные, высокопроизводительные и отказоустойчивые, со значительным объемом оперативной и внешней памяти – получили название мейнфреймов. Сам термин произошел от названия типовых процессорных стоек System/360 IBM.

«Разработка System/360 позволила IBM серьезно оторваться от своих конкурентов... Этот период истории американской компьютерной индустрии часто называют “Белоснежка и семь гномов”. “Белоснежкой”, естественно, являлась IBM, а “гномами” были компании Burroughs, Control Data, General Electric (GE), Honeywell, National Cash Register (NCR), Radio Corporation of America (RCA) и SperryRand. Из 10 млрд долл. общей стоимости установленных компьютеров на 1964 г., “гномы” произвели 30%, а IBM остальные 70%» [Бланк, 2004б].

К числу успешных компаний относилась также DEC (Digital Equipment Corporation), занимавшаяся производством небольших и недорогих компьютеров. Она была основана К. Олсеном (Kenneth Olsen) и Х. Андерсоном (Harian Anderson), бывшими сотрудниками Массачусетского технологического института (МТИ) в 1957 г. «Извлекая выгоду от снижения издержек и уменьшения размеров компонентов, эта компания создала в 1959 г. так называемые мини-компьютеры. Чтобы не привлекать к себе внимание IBM, для первого компьютера было выбрано безобидное имя – Programmed Data Processor (программируемый процессор данных), или PDP-1. Стремясь расширить рынок для своей продукции, Олсен подарил PDP-1 МТИ с целью скорейшего ознакомления студентов со своими компьютерами... До начала 1980-х годов компьютеры DEC

были самыми распространенными в университетах и школах во всем мире» [Бланк, 2004б; Взлет и падение..., 2023].

В этот же период на возникающие ИТ-рынки выходят ряд новых фирм. Среди них наиболее значимой была созданная в 1957 г. восемью молодыми физиками и инженерами, выходцами из Bell Labs (так называемой «вероломной восьмеркой»), компания Fairchild Semiconductor. В 1968 г. из нее уходят две ключевые фигуры: Р. Нойс (Robert Noyce, управляющий компании) и Г. Мур (Gordon Moore, начальник отдела исследований и развития). С помощью венчурного инвестора А. Рока (Arthur Rock) они создали компанию Intel (сокращение от Integrated Electronics). В 1969 г. другим функционером Fairchild – Дж. Сандерсом (Walter Jeremian Sanders III) – была основана компания AMD (Advanced Micro Devices), будущий конкурент Intel [Бланк, 2004а]. А в 1977 г. С. Джобс (Steve Jobs) и С. Возняк (Stephen Wozniak) зарегистрировали компанию Apple Computer Inc. Впоследствии именно эти компании заняли ведущие позиции на рынке компьютерного оборудования, но достигли своего положения в ходе острой конкурентной борьбы с прежними лидерами.

В 1971 г. фирмой Intel был создан микропроцессор Intel 4004, а в 1974 г. – более мощный процессор 8080, который стал основой для успешных коммерческих ПК. «Однако сначала идея создания ПК была отвергнута крупными компаниями и реализована в узком кругу любителей радиоэлектроники. Первоначальный импульс исходил от технического редактора журнала Popular Electronics Л. Соломона (Les Solomon). Он донес эту идею до группы молодых электронщиков, среди которых был Э. Робертс (Ed Roberts) – совладелец маленькой компании MITS (Micro Instrumentation Telemetry Systems), занимавшейся продажей по почте радиопередатчиков для самолетов. На базе процессора Intel 8080 Робертс создал первый ПК, названный Altair (название взято из телевизионного сериала Star Trek). Выпущенный в 1975 г., он продавался в сборке за 397 долл., а в виде деталей, которые можно было получить по почте, за 297 долл.» [Бланк, 2004в]. Интерес к Altair 8800 быстро рос после того, как он был показан на обложке январского номера журнала Popular Electronics за 1975 г. и стал рекламироваться в других журналах для любителей электроники.

Статья в журнале Popular Electronics о ПК Altair 8800 также побудила студентов Гарварда Б. Гейтса (William Gates III) и П. Алена (Paul Allen) разработать для него интерпретатор – язык программирования Basic (Бейсик) [Microsoft]. «В 1975 г. Робертс

заключил контракт с их небольшой компанией Microsoft¹ о покупке Basic для создания прикладного программного обеспечения (ПО) для своего ПК. Заключенный контракт явился историческим прецедентом, заложившим основу для будущих взаимоотношений производителей ПО и ПК» [Бланк, 2004в], а также послужил стартом для компании Microsoft.

Успех Altair 8800 и MITS «воодушевил другие компании на создание своих ПК. В 1975–1977 гг. на рынке существовало большое количество маленьких компаний, созданных, как правило, любителями-одиночками, без ярко выраженного лидера». Однако уже в 1977 г. С. Джобс представил ПК Apple II, компания Commodore – машину PET, а Tandy – TRS-80. «Не выдержав давления конкурентов, Робертс в 1977 г. продал свою фирму компании Pertec, в которой линейка Altair не получила дальнейшего развития» [Бланк, 2004в]. Тем не менее начало было положено – и началось стремительное развитие рынка ПК.

По влиянию на развитие общества феномен ПК «сравнивают с началом эры всеобщей грамотности, которая стала возможной после изобретения книгопечатания. Благодаря ПК информационные технологии стали доступными для конечных пользователей, произошла так называемая “демократизация” вычислений... ПК превратился в массовый товар, а компьютерная отрасль и информационные технологии стали двигателем американской экономики» [Бланк, 2004а].

Обострение конкурентной борьбы на рынке: 1980–1990-е годы. «Появления ПК привело к радикальному изменению отрасли» [Бланк, 2004а]. «Три десятилетия IBM [и не только она] строила стратегию развития бизнеса на идее, что основной товар – это мейнфрейм. А к 1984 г., всего за 5–7 лет, рынок ПК становится в финансовом выражении важнее» [Ольнев, 2023]. Новые модели появляются каждый год, и на рынке разворачивается яростная конкурентная борьба между старыми и новыми производителями компьютеров. Одновременно усилилось антитрестовское регулирование рынка со стороны государства, которое, как считается, не позволило поглотить новые компании.

IBM и ее конкуренты. 12 августа 1981 г. Д. Эстридж (Philip Donald Estridge), который руководил разработкой ПК в IBM, представил публике модель IBM PC. Проект был реализован всего за

¹ Акроним от слов «microcomputer» и «software», т.е. «микрокомпьютер» и «программное обеспечение».

один год, «в том числе за счет приобретения и использования готовых компонентов и стороннего ПО. Чипы покупали у Intel, табличные процессоры – у Lotus, а ОС разработал и поставил Microsoft (MS-DOS). В 1983 г. выходит модель IBM XT, а на следующий год – IBM AT». Благодаря использованным новациям выпущенные ПК имели огромный коммерческий успех. Доля IBM на рынке ПК достигла 75% [«Мы сваяли дурака»: как и почему IBM потеряла..., 2021; Кортад, 2021].

В свою очередь, в результате внедрения ряда инноваций модели Apple II компании С. Джобса удалось превзойти своих конкурентов – Tandy и Commodore PET. Чтобы закрепить успех, в 1980 г. была выпущена Apple III, однако модель оказалась неудачной. Сотрудничество с научно-исследовательским центром Xerox PARC (Пало-Альто, Калифорния) позволило Apple в 1984 г. создать Macintosh (Mac) – первый ПК, управляемый при помощи мыши и имеющий графический интерфейс. Он стал настоящим успехом, в том числе благодаря активной маркетинговой кампании. Тем не менее Macintosh не смог обойти доминирующую на рынке продукцию IBM. Кроме того, внутри компании начался разлад, и в 1985 г. С. Джобс ее покинул, основав новую компанию NeXT. Примерно в то же время ушел из компании С. Возняк, продав большую часть своих акций. Apple, которая в начале 1980-х годов являлась одним из лидеров рынка ПК и главным конкурентом IBM, к концу десятилетия пришла в упадок и «не была способна предложить рынку ничего интересного» [Ольнев, 2023].

Доминирование IBM на рынке компьютеров сохранилось, но и конкуренты продолжали развиваться. Этому способствовало то, что компания не запатентовала BIOS компьютера – блок памяти, который отвечает за загрузку системы. «Конкуренты поняли, что IBM де-факто задала технические стандарты для ПК, поэтому стали разрабатывать совместимые версии и выводить их на рынок быстрее, а продавать дешевле. Клиенты, в свою очередь, увидели, что клоны ничуть не хуже продуктов IBM и что у них имеются свои преимущества... Во второй половине восьмидесятых IBM продолжала продавать миллионы компьютеров, но прибыль на единицу продукции становилась все меньше и меньше, как и доля рынка... Когда продажи клонов неприлично выросли, IBM начала судебные преследования», однако это не очень помогло [«Мы сваяли дурака»: как и почему IBM потеряла..., 2021; Кортад, 2021].

В этом отношении показательна история компании **Compaq** (название – это акроним от словосочетания «compatibility and

quality» – «совместимость и качество»), основанной в феврале 1982 г., а уже в ноябре анонсировавшей свой первый продукт – переносной ПК Compaq Portable, совместимый с IBM PC. Единственной скопированной его частью был BIOS. Компания успешно наращивала производство, выпуская улучшенные модели ПК, и добилась технологического превосходства над IBM: новое поколение DeskPro 386 (1986) действительно было во всем лучше, быстрее и дешевле. В 1990-е годы компания Compaq стала первым производителем, «предлагавшим ПК по цене менее 1000 долл. <...> В 1998 г. она купила находившуюся в тяжелом финансовом положении компанию DEC и превратилась во второго по прибыли производителя компьютеров в мире» [Ольнев, 2023].

Технологическая и ценовая война, развязанная Compaq, сильно сказалась на доходах IBM, которая «перешла в наступление» в правовой сфере. Обладая огромным количеством патентов (более 9 тыс.), компания обратилась в суд для защиты своей интеллектуальной собственности. «Пару лет шла борьба, акции Compaq падали, многие предполагали, что это конец для клонов, конец для Compaq. Однако суд прервался и закончился мировым соглашением, сумма отступных которого неизвестна» [Ольнев, 2023]. Тем не менее это стало ударом для Compaq. Вторым негативным фактором были внутренние раздоры, и к концу 1990-х годов компания утратила свои позиции на рынке. В 2001 г. произошло слияние Compaq с Hewlett-Packard, что стало концом ее блистательной истории. «Путь Compaq от новичка до лидера рынка занял 15 лет, а падение случилось молниеносно» [Ольнев, 2023].

«Справившись» с Compaq, IBM продолжила борьбу на рынке ПК. В 1987 г. компания выпустила IBM PS/2 уже с закрытой архитектурой. Также она разработала новую ОС – OS/2 (сначала работы велись совместно с Microsoft). «Однако, несмотря на все усилия и гигантские затраты на производство, OS/2 не смогла завоевать быстро растущий рынок». При этом руководство компании допустило ряд серьезных стратегических ошибок [«Мы свалили дурака»: как и почему IBM потеряла..., 2021; Кортад, 2021]. Дополнительным стрессом было многолетнее антимонопольное (антитрестовое) разбирательство, которое велось 13 лет – с 1969 по 1982 г.

Кроме того, переход IBM к политике лицензирования дополнительных комплектующих вызвал бурный протест компаний, до этого копировавших архитектуру ПК. В 1988 г. девять крупных производителей (Compaq, AST Research Inc., Epson America Inc., Hewlett-Packard, NEC Corp., Ing C. Olivetti & Co., Tandy Corp.,

Wyse Technology и Zenith Data Systems) приняли решение объединиться против IBM. Их поддержали Microsoft и Intel, а СМИ окрестили «бандой девяти». «Банда девяти» занимала «в 1987 г. порядка 34% рынка ПК, а IBM – 27%. Оставшаяся часть рынка ПК – это Dell (создана в 1984 г.), Apple и сотни мелких производителей ПК, которые никак не влияли на общую картину» [Ольнев, 2023]. Суть претензий сводилась к тому, что «раз IBM PS/2 так хороши, то мы считаем правильным признать эти наработки достоянием человечества. А значит, сделать архитектуру открытой» [Джилавян, 2023]. Хотя дело было решено в пользу IBM, цена предпринятых компанией усилий и потери времени была слишком высока.

В конечном счете IBM потерпела неудачу в конкуренции на рынке ПК – вплоть до начала 2000-х годов она продолжала этот бизнес, но в 2005 г. продала его китайской компании Lenovo. «Сейчас компания много работает в консалтинге, строит суперкомпьютеры, проводит крупные научные исследования в сфере блокчейна и искусственного интеллекта». Следует признать огромное влияние, которое IBM оказала на развитие рынка ПК. «Одни компании были ее соперниками, другие – партнерами... А модель IBM PS долгое время была образцом и двигателем рынка» [Джилавян, 2023].

В 1990-е годы заканчивается период «холодной войны» между Apple и IBM, более того, «два бывших конкурента согласились работать вместе» [Кирсанова, 2023]. В 1991 г. альянс Apple, IBM и Motorola (AIM) создал микропроцессор PowerPC, который оказался достаточно удачным. Но в 1995 г. Apple от него отказалась (в пользу продукции Intel), а в 2004 г. распался и сам альянс. Хотя и «сегодня Apple и IBM часто сотрудничают в корпоративных приложениях, забыв о былом противостоянии» [Кирсанова, 2023].

Жесткая конкурентная борьба велась не только на рынке аппаратных средств (hardware) между производителями ПК, но и на рынках комплектующих (например, на рынке процессоров между компаниями Intel и AMD), а также на рынке программного обеспечения (software). В последнем сегменте наиболее драматично развивались отношения Apple и Microsoft.

«На ранних этапах компании сотрудничали между собой – Apple занимались техникой, а Microsoft – операционной системой (ОС). Конфликты начались, когда Apple запустила удачную линейку ПК Macintosh. В определенный момент выяснилось, что обе компании разрабатывают похожие ОС с графическими интерфейсами. Впервые с обвинениями выступил С. Джобс по поводу Windows,