

Экономические аспекты развития микроэлектроники КНР

УДК 621.38 | ВАК 05.13.01

М. Макушин¹, А. Фомина, д. э. н.²

В последние годы микроэлектроника КНР демонстрирует отличные количественные и качественные темпы роста. Дальнейшее ее развитие связано с более глубоким встраиванием в национальную экономику, использованием новых подходов и технологий, включая искусственный интеллект. Пока же КНР сильно зависит от импорта ИС, который по стоимости превосходит закупаемую нефть. Руководством страны поставлена задача увеличения внутреннего производства ИС в целях снижения зависимости от импортной продукции. Удастся ли достичь целей в условиях торговой войны с США и ограничений на доступ к высоким технологиям, вводимых странами-конкурентами?

ОБЩАЯ СИТУАЦИЯ В МИРОВОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

Ситуация в мировой микроэлектронике складывается во многом под воздействием неопределенности перспектив развития противоречий США с КНР и Европой (включая проблему Брексита). По оценкам исследовательской корпорации IC Insights (Скоттсдэйл, шт. Аризона), в текущем году доходы от продаж полупроводниковых приборов увеличатся на 1,6%, а в следующем – сократятся на 0,9%. Затем, по прогнозам, на протяжении трех лет рост будет составлять от 7 до 13% (рис. 1). Причем темпы увеличения продаж ИС китайских фирм в целом будут значительно опережать общемировые показатели. Одна из тенденций на мировом рынке – конец двухлетнего «суперцикла» роста продаж схем памяти, прежде всего ДОЗУ. Не исключается, что средние продажные цены ИС к концу года снизятся на 6%.

После введения 25%-ных ставок таможенного тарифа на импортируемую китайскую микроэлектронику американские аналитики отмечают, что у Китая и США есть «много стимулов» для урегулирования торговой войны. Попытки провести в Конгрессе запрет продаж ИС компаний Huawei и ZTE, а также другие антикитайские ограничения встречают активное сопротивление Ассоциации полупроводниковой промышленности США. Причина – в КНР расположено много производственных филиалов американских фирм, и подобные меры приведут к удорожанию конечных электронных систем, изготавливаемых в США, и снижению их конкурентоспособности на мировом рынке [1]. Структура мирового рынка ИС по типам изделий представлена в табл. 1.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КИТАЙСКОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В результате реализации Рекомендаций по развитию национальной полупроводниковой промышленности (促进国家集成电路产业发展的指导方针), опубликованных Госсоветом КНР в июне 2014 года и разработанных в целях формулирования основных руководящих принципов политики и инвестиционной поддержки микроэлектроники КНР, а также плана «Сделано в Китае – 2025» (中国制造2025) полупроводниковая промышленность этой страны демонстрирует быстрый рост, который, как ожидается, станет одним из драйверов мировой полупроводниковой промышленности. В области проектирования ИС китайские fabless-фирмы, такие как HiSilicon и Unigroup Spreadtrum & RDA, вошли в первую десятку крупнейших в мире разработчиков ИС. В области обработки пластин на китайские производственные мощности по изготовлению ИС приходится 13–15% мировых производственных мощностей (правда, продажи собственно китайских фирм почти в два раза меньше, поскольку площадки китайских кремниевых заводов используются во многом для контрактного производства зарубежных фирм и продукция учитывается как выпущенная этими фирмами). И это несмотря на то, что крупнейшие китайские производители ИС – SMIC и Huahong Group – отстают от зарубежных конкурентов в освоении новейших производственных процессов. В области проектирования ИС китайские fabless-фирмы, такие как HiSilicon и Unigroup Spreadtrum & RDA, вошли в первую десятку крупнейших в мире разработчиков ИС. В области корпусирования и тестирования ИС китайские фирмы (JCET, NFME и Huatian Technology) также входят в первую десятку фирм мира.

«Рекомендации...» и «План...» привели к буму капиталовложений. Однако для обеспечения новых

¹ АО «ЦНИИ «Электроника», главный специалист, mmackushin@gmail.com.

² АО «ЦНИИ «Электроника», генеральный директор.

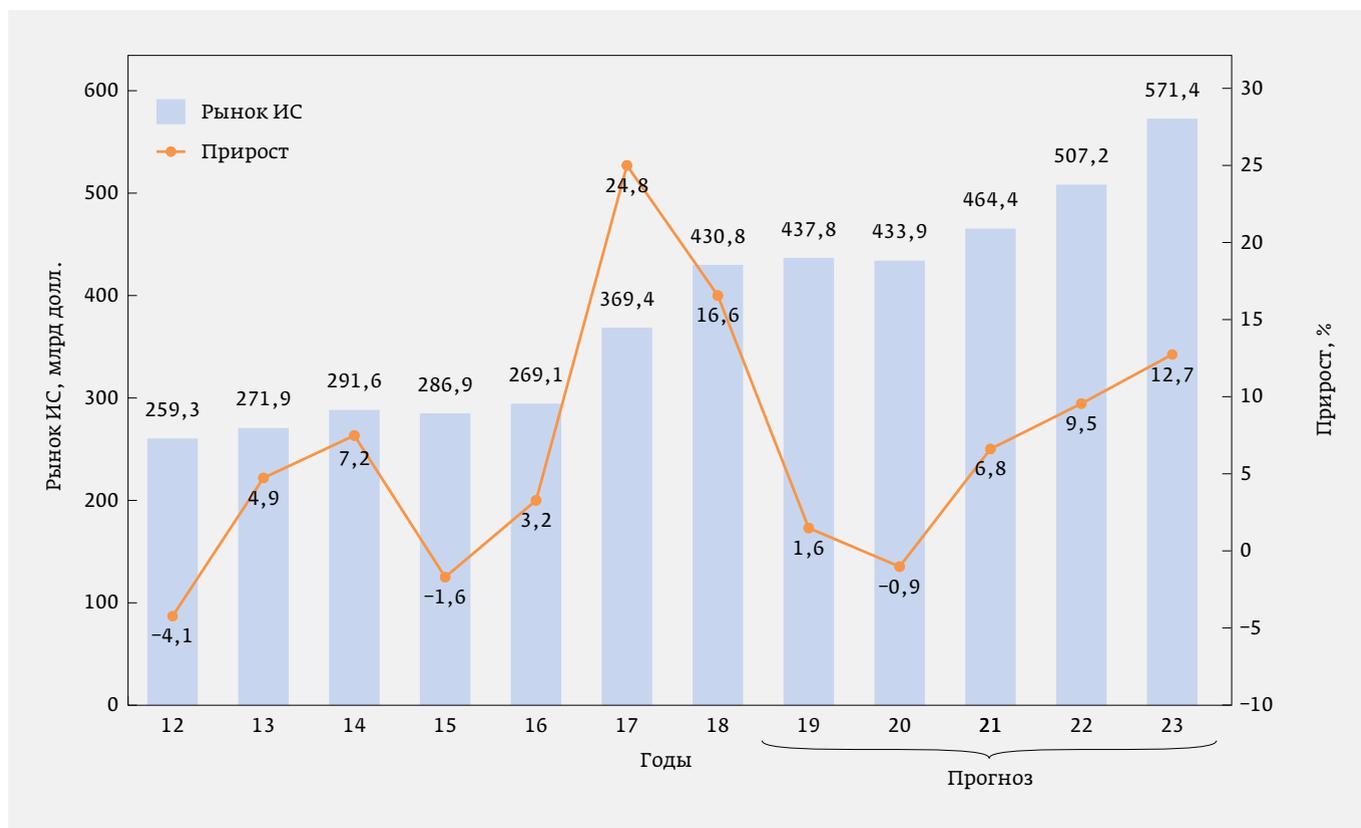


Рис. 1. Динамика мирового рынка полупроводниковых приборов (до 2018 года фактически, далее прогноз).
 Источник: IC Insights

возможностей развития и процветания китайской микроэлектроники инвестиции должны выйти далеко за рамки сооружения заводов по обработке пластин. Стратегия устойчивого и долгосрочного роста национальной полупроводниковой промышленности при дальнейших существенных капиталовложениях должна уделять больше внимания инновационным технологиям. Хотя реализация инновационного подхода требует времени, она приведет к увеличению спроса на производственные мощности, росту ВВП и числа рабочих мест [2].

В соответствии с «Рекомендациями...» в 2014 году был создан Фонд развития микроэлектроники Китая (China IC Fund), который за прошедшие годы привлек на цели развития перспективных технологий микроэлектроники и изделий микроэлектроники порядка 22 млрд долл. Помимо этого в ряде провинций и крупных городов было создано 11 местных фондов развития микроэлектроники. В целом, предпринимаемые в последние годы усилия по развитию национальной полупроводниковой промышленности призваны если не устранить, то существенно ослабить зависимость осуществляемого в КНР производства электронных систем от закупки зарубежных ИС и полупроводниковых приборов.

Ежегодный объем импорта превышает 100 млрд долл. На преодоление этой зависимости за счет развития национальной микроэлектроники предполагается направить в течение десяти лет порядка 161 млрд долл. Из них 63–65 млрд долл. придется на центральный фонд, остальное – на местные фонды и частных инвесторов.

Однако государственное финансирование полупроводниковой промышленности КНР превратилось в один из очагов напряженности во взаимоотношениях с США,

Таблица 1. Структура мирового рынка ИС в 2016–2019 годах. Источник: IC Insights

Период	Аналоговые ИС		Логика*		Память		Рынок ИС, всего	
	Всего	Прирост, %	Всего	Прирост, %	Всего	Прирост, %	Всего	Прирост, %
2016								
Продажи, млрд долл.	49,44	5	167,23	4	79,44	2	296,10	4
Отгрузки, млрд шт.	133,26	6	75,73	6	42,68	12	251,67	7
СПЦ, долл.	0,37	-1	2,21	-1	1,86	-9	1,18	-3
2017								
Продажи, млрд долл.	54,54	10	184,92	11	129,92	64	369,38	25
Отгрузки, млрд шт.	154,84	16	90,16	19	44,61	5	289,61	15
СПЦ, долл.	0,35	-5	2,05	-7	2,91	56	1,28	8
2018								
Продажи, млрд долл.	60,26	10	202,09	9	168,45	30	430,80	17
Отгрузки, млрд шт.	177,35	15	100,50	11	43,53	-2	321,38	11
СПЦ, долл.	0,34	-4	2,01	-2	3,87	33	1,34	5
2019 (прогноз)								
Продажи, млрд долл.	64,86	8	215,00	6	157,95	-6	437,81	2
Отгрузки, млрд шт.	193,18	9	110,29	10	43,75	1	347,23	8
СПЦ, долл.	0,34	-1	1,95	-3	3,61	-7	1,26	-6

* Включая логику и микрокомпоненты (микропроцессоры, микроконтроллеры, микропериферия, ЦОС-процессоры).

которая вылилась в торговую войну. США утверждают, что поддержка китайским правительством национальной микроэлектроники – антиконкурентная практика.

Обострение торговых противоречий с США, а также странами ЕС, Тайванем и Японией может привести к ограничению доступа КНР на эти рынки и к передовым технологиям. Соответственно, требуется увеличить финансирование внутренних НИОКР. По данным Wall Street Journal, правительство КНР намеревалось создать в конце 2018-го – начале 2019 года второй центральный инвестиционный фонд развития микроэлектроники – China Integrated Circuit Industry Investment Fund, ориентированный в первую очередь на стимулирование НИОКР по перспективным направлениям. Первоначально предполагалось, что объем средств фонда составит от 19 до 32 млрд долл. Теперь же из-за американо-китайских торговых противоречий сумма может быть увеличена. Средства нового фонда, выделяемые на развитие полупроводниковых и смежных технологий, в частности, предназначены для расширения возможностей китайских фирм в области проектирования



Рис. 2. Географическое распределение установленных производственных мощностей по обработке пластин по состоянию на декабрь 2018 года (месячная производственная мощность в пересчете на эквивалент 200-мм пластин). Источник: IC Insights

и производства перспективных центральных и графических процессоров [3].

МЕСТО КНР В МИРОВОМ ПАРКЕ УСТАНОВЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Благодаря амбициозным планам развития внутренней полупроводниковой промышленности КНР по итогам 2018 года она продемонстрировала самые высокие темпы прироста парка установленного оборудования – ее доля в мировом парке такого оборудования достигла 12,5% (рис. 2) по сравнению с 10,8% в 2017-м. По этому показателю Китай почти догнал Северную Америку. (Учитываются мощности китайских и зарубежных фирм, производственные подразделения которых находятся на территории Поднебесной).

Лидером по мощности установленного оборудования с 2015 года остается Тайвань [4].

ОТ СООРУЖЕНИЯ К ОСНАЩЕНИЮ ЗАВОДОВ

В соответствии с пятилетним планом, КНР переходит от этапа сооружения заводов по обработке пластин к их оснащению оборудованием. Бум строительства таких предприятий пришелся на 2017 год, когда в Китае начали возводить 26 производств по обработке пластин различного диаметра для



Рис. 3. Количество вводимых в строй предприятий (все заявленное с учетом производства дискретных полупроводниковых приборов). Источник: World Fab Forecast report, Feb. 28, 2018, SEMI

формирования ИС и дискретных полупроводниковых приборов (рис. 3).

До 2016–2018 годов наибольшие затраты на полупроводниковое оборудование в КНР несли иностранные фирмы. Однако ситуация постепенно меняется: доля

расходов на эти цели местных фирм может увеличиться с 33% в 2017 году до 45% в 2019-м.

Крупнейшим по инвестициям в оборудование сектором остаются 3D-схемы флеш-памяти NAND-типа (16 млрд долл. в 2018 году и 17 млрд долл. в 2019-м). Инвестиции в сектор ДОЗУ в 2018 году увеличились на 26% (до 14 млрд долл.), но в 2019-м сократятся на 14% (до 12 млрд долл.). Капиталовложения в сектор кремниевых заводов в 2018 году выросли на 2% – до 17 млрд долл., в первую очередь в целях освоения производственных технологий с топологическими нормами 7 нм. В 2019 году ожидается их увеличение до 22 млрд долл. (рост на 26%) [5].

СОСТОЯНИЕ ВНУТРЕННЕГО ПРОИЗВОДСТВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ В КНР

В 2018 году основной объем производства ИС в КНР пришелся на расположенные в стране филиалы иностранных корпораций, включая Samsung, Intel, GlobalFoundries, SK Hynix и TSMC. Однако в ближайшие пять лет их серьезно потеснят быстро наращивающие мощности китайские производители, в частности SMIC, Huahong Group, YMTC и ChangXin Memory Technologies. По прогнозам IC Insights, в 2023 году на эти и другие китайские фирмы придется более половины производства ИС в КНР (табл. 2) [6].

Таблица 2. Производственные мощности основных китайских фирм и филиалов иностранных корпораций, расположенных на территории КНР. Источник: база данных Strategic Review корпорации IC Insights, CCID, CSIA, PwC

Место в рейтинге в 2018	Фирма	Объем продаж, млрд долл.				Деятельность
		2013	2017	2018	2023	
1	SK Hynix*	3,200	6,480	9,075	12,500	ДОЗУ
2	Samsung*	0	3,800	4,560	6,300	3D NAND-флеш
3	SMIC**	1,962	3,101	3,195	4,900	Услуги кремниевого завода
4	Intel*	2,650	2,325	2,675	3,800	3D NAND-флеш
5	Huahong Group**	0,795	1,395	1,542	2,500	Услуги кремниевого завода
6	TSMC*	0,510	0,700	0,950	1,800	Услуги кремниевого завода
7	XMC/YMTC	0,150	0,250	0,300	5,400	Услуги кремниевого завода / 3D NAND
8	CR Micro	0,165	0,220	0,245	0,365	Услуги кремниевого завода / стандартные ИС
9	Diodes-BCD	0,155	0,220	0,240	0,360	Услуги кремниевого завода / стандартные ИС
10	ASMC	0,117	0,150	0,180	0,280	Услуги кремниевого завода
Прочие		0,575	0,690	0,810	8,800	-
Производство ИС в КНР, всего		10,279	19,331	23,772	47,005	-
Мировой рынок ИС		271,9	369,4	430,8	571,4	-
Доля китайских фирм на мировом рынке ИС, %		3,78	5,23	5,52	8,23	-

* Производство только китайских филиалов.

** Включая Huahong Grace и Shanghai Huali.



Рис. 4. Специализация основных центров микроэлектроники КНР. *Источник:* http://prod7.semi.org/en/sites/semi.org/files/data17/images/China_District_Regional_Map_600px.png

Завод по обработке 300-мм пластин южнокорейской корпорации SK Hynix, расположенный в КНР, на конец 2018 года располагал наибольшим парком установленного оборудования среди всех предприятий корпорации. Месячная мощность его производства по обработке пластин при полной загрузке составляет 200 тыс. шт.

Корпорация Intel в III квартале 2015 года остановила свой завод по обработке 300-мм пластин в Даяне (Fab 68, с конца 2010 года производила микроконтроллеры) в связи с переходом к изготовлению 3D-схем флеш-памяти NAND-типа. Перевод завершился во II квартале 2016 года. Теперь установленные мощности составляют 70 тыс. пластин диаметром 300 мм в месяц (при полной загрузке).

В начале 2012 года корпорация Samsung получила разрешение южнокорейского правительства на строительство в Сиане завода по производству флеш-памяти NAND-типа на пластинах диаметром 300 мм. Производство запустили во II квартале 2014 года (к строительству приступили в сентябре 2012-го). Стоимость первого этапа проекта составила 2,3 млрд долл. при общем объеме инвестиций в проект порядка 7,0 млрд долл. На стадии освоения изготовления 3D-схем флеш-памяти NAND-типа (с 2017 года) вся продукция предназначалась исключительно для Samsung. В декабре 2018 года установленные мощности составили 100 тыс. (объявлено о планах довести этот показатель до 200 тыс. пластин в месяц) [4].

Кроме того, по сведениям IC Insights, в КНР расположены производства крупнейших электронных корпораций, которые также создают предприятия по производству ИС для нужд своих китайских филиалов. Так, например, корпорация Foxconn (Тайвань) заявила о намерении построить в Поднебесной завод по производству ТВ-чипсетов и формирователей сигналов изображения за 9 млрд долл. Это предприятие также будет оказывать услуги кремниевого завода [6].

Основными китайскими производителями ИС являются известные кремниевые заводы SMIC, Huahong Group, которых по мощностям быстро догоняют фирмы YMTC и ChangXin Memory Technologies, специализирующиеся на схемах памяти. В настоящее время в КНР ведется или планируется сооружение (на средства центрального правительства и местных провинций) 25 новых заводов / линий по обработке пластин, 17 из них предназначены для обработки пластин диаметром 300 мм. Основной специализацией новых предприятий будет оказание услуг кремниевого завода, производство ДОЗУ и 3D флеш-памяти NAND-типа.

Китайский сегмент корпусирования и тестирования ИС также уверенно развивается. Ценность предложений наращивается за счет сделок слияний / поглощений, а также создания расширенных возможностей для привлечения зарубежных производителей интегральных приборов.

Китайский рынок микроэлектронных материалов, на котором доминируют материалы для корпусирования

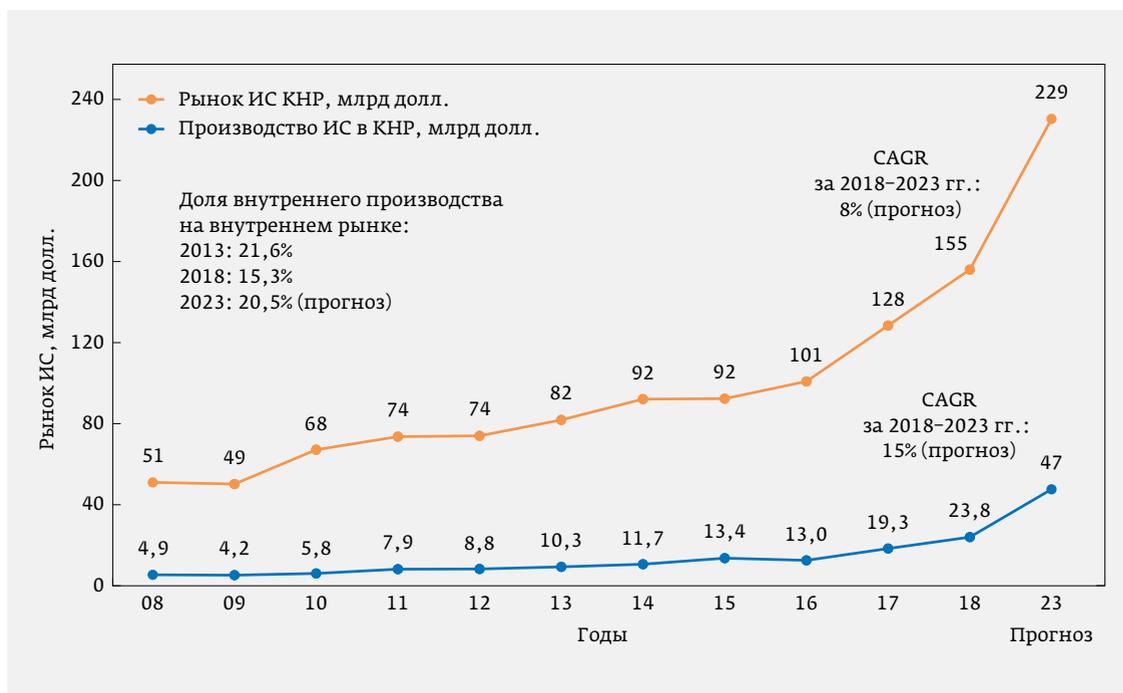


Рис. 5. Сравнение динамики внутренних рынка и производства ИС в КНР за 2008–2023 годы. Источник: IC Insights

ИС, в 2016 году стал вторым по величине региональным рынком, а с 2017 года укрепляет позиции, сохраняя перспективу выйти на первое место в 2019–2020 годах. Как ожидается, рынок полупроводниковых материалов в этой стране за 2015–2019 годы должен продемонстрировать CAGR (сложные проценты) порядка 10%, что обеспечивается в основном благодаря наращиванию мощностей заводов по обработке пластин. За этот же период CAGR увеличения объема производственных мощностей заводов по обработке пластин должен составить 14%.

К настоящему времени на территории КНР сформировалось четыре крупных научно-промышленных комплекса, ориентированных на развитие микроэлектроники (рис. 4) и смежных отраслей. С ними активно работают Академия наук КНР (123 института) и ведущие университеты [7].

Как уже отмечалось, развитием микроэлектроники занимается не только центральное, но и местные правительства. Так, власти провинции Гуанчжоу начиная с 2015 года активно привлекают инвестиции зарубежных электронных фирм, включая Foxconn (Тайвань) и LG (Ю. Корея). Они также реализуют проект CanSemi (иногда называется Guangzhou Yuxin или YPC), в рамках которого в начале 2019 года предполагается ввести в строй завод по производству ИС для Интернета вещей, автомобильных сетей (внутриавтомобильные сети и транспортная инфраструктура), средств искусственного интеллекта и средств связи / сетей 5-го поколения (5G). Первоначально продукция будет выпускаться по топологиям от 40 до 28 нм.

До представления проекта CanSemi в начале 2018 года в рамках деятельности провинциального инвестиционного фонда развития микроэлектроники было заключено 15 сделок с фирмами в сфере проектирования, производства и тестирования ИС. Один из участников этих сделок – корпорация Guangdong Gowin Semiconductor, специализирующаяся на вентильных матрицах, программируемых пользователем. В 2017 году было 24 объявления об инвестициях в электронную промышленность Гуанчжоу, сделанных, в частности, корпорациями Cisco, General Electric (обе США), Huawei, Tencent и ZTE (все КНР) [8].

РЕАЛИСТИЧНОСТЬ ПЛАНОВ ПОД ВОПРОСОМ?

По данным IC Insights, производство ИС в КНР за 2018–2023 годы почти удвоится – с 23,8 до 47 млрд долл. Соответственно, рост в сложных процентах (CAGR) за прогнозируемый период составит 15%.

С 2005 года КНР – крупнейший в мире потребитель ИС. При этом доля внутреннего производства, по итогам 2018 года, составила 15,3% объема внутреннего рынка ИС (155 млрд долл.) по сравнению с 12,6% в 2013-м. К 2023 году этот показатель увеличится до 20,5%. Однако разрыв в абсолютных показателях между объемом продаж и внутренним производством увеличится со 131,2 млрд долл. в 2018 году до 182 млрд долл. в 2023-м (рис. 5). При этом производство ИС в КНР в 2023 году составит всего 8,2% прогнозируемого объема мирового рынка ИС в 571,4 млрд долл. [7].

Оценивая реальность достижения поставленных целей, специалисты IC Insights указывают на значительный прирост продаж ИС, которого могут добиться китайские

фирмы в течение ближайших пяти лет. В первую очередь перечисляются крупнейший местный «чистый» кремниевый завод SMIC, Huahong Group, новые производители памяти YMTC и ChangXin Memory Technologies (CXMT, ранее Innotron). При этом стартап JHICC (производство ДОЗУ) в настоящее время находится под американскими санкциями.

С учетом заявленных инвестиционных планов КНР на пять лет очевидно, что определенных успехов в снижении зависимости от импорта ИС КНР добьется. Однако все более пристальное внимание властей стран-конкурентов (в первую очередь США) к китайским попыткам приобретения высокотехнологичных фирм, а также правовые проблемы (включая судебные иски), с которыми китайские фирмы с большой вероятностью столкнутся в будущем, позволяют IC Insights предположить, что, несмотря на определенные успехи, заложенные планом «Сделано в Китае – 2025», показатели (самообеспеченность ИС на уровне 40% в 2020 году и 70% – в 2025-м) достигнуты не будут. Насколько близко китайцам удастся подойти к реализации целей, покажет время [4].

Однако у КНР есть возможность ускорить развитие национальной электроники за счет искусственного интеллекта.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – КЛЮЧ К ПРОРЫВУ?

В июле 2017 года в рамках реализации XIII пятилетнего плана социально-экономического развития (2016–2020 гг.) ЦК КПК и Государственный Совет КНР утвердили План развития искусственного интеллекта следующего поколения (新一代人工智能发展规划), предусматривающий достижение поставленных в нем целей в три этапа с контрольными точками в 2020, 2025 и 2030 годах соответственно. К 2020 году предполагается довести уровень разработок искусственного интеллекта (ИИ) в КНР до уровня мировых стандартов и добиться значительных достижений в области приложений и теории ИИ. Использование ИИ в основных областях его применения должно принести прибыль не менее 150 млрд юаней. К 2025 году планируется принять основные законы и нормы регулирования сферы ИИ. Доход от использования технологии должен составить, по крайней мере, 400 млрд юаней, в том числе в таких секторах, как интеллектуальное производство, медицина, сельское хозяйство и градостроительное проектирование / городское планирование. Наконец, в 2030 году Китай должен стать ведущим разработчиком ИИ в мире, эта технология должна быть глубоко встроена в повседневную жизнь страны, а доход от ее применения – превысить 1 трлн юаней [9].

К основным задачам Плана относятся ускорение разработки интеллектуальной продукции, совершенствование прорывных технологий и углубление развития

интеллектуальных производств. Первая задача подразумевает разработку интеллектуальных транспортных средств и сетей, обслуживающих роботов, БПЛА, медицинских диагностических систем формирования изображения, систем распознавания видеоизображений, интерактивных голосовых систем, систем перевода, а также изделий для интеллектуальных домов. Вторая – разработку интеллектуальных датчиков различного назначения, ИС нейронных сетей и платформ разработки с открытыми исходниками. Решение третьей задачи охватывает вопросы интеллектуального производства оборудования и различной продукции с использованием основных прорывных технологий, а также создание новых моделей интеллектуального производства.

Еще несколько целей Плана имеют отношение не к развитию, а к использованию изделий микроэлектроники [10].

В структуру Плана включено шесть глав: анализ стратегической ситуации, общие требования, специализированные задачи, распределение ресурсов, обеспечительные меры, их организация и осуществление. Общие требования описывают идеологию документа, базовые принципы, стратегические задачи, общие направления реализации. Специализированные задачи включают в себя создание открытых и координируемых научно-технических систем стимулирования инноваций в области ИИ, создание основных технологических систем ИИ следующего поколения, ускорение обучения и накопления талантов в области ИИ. К обеспечительным мерам относятся разработка соответствующего законодательства и мер регулирования, разработка стандартов и интеллектуальной собственности (в том числе защита прав интеллектуальной собственности) [11].

АМЕРИКАНЦЫ ПУСКАЮТСЯ В ПОГОНЮ...

В середине февраля текущего года президент США Д.Трамп распорядился сформировать скоординированную федеральную стратегию, призванную расширить американское лидерство в области исследований

и развертывания ИИ, включая развитие технологий, создание стандартов и образовательных программ. Таким образом, НИОКР в области ИИ названы одним из высших приоритетов научно-технической политики страны.

Ассоциация полупроводниковой промышленности США (SIA) подчеркивает, что лидерство в области ИИ во многом основано на результатах НИОКР в области развития микроэлектронных технологий. Ежегодно на эти цели расходуются десятки миллиардов долларов – в 2017 году их сумма составила 36 млрд долл. По оценкам SIA, использование ИИ может привести к дополнительному наращиванию ВВП США на 8 трлн долл. в 2035 году, а годовой рост экономики увеличится с 2,6 до 4,6%. При этом SIA опасается успешной реализации планов КНР в области развития ИИ [12].

Итак, реально ли достижение КНР поставленных целей? Объем инвестиций, темпы строительства и оснащения микроэлектронных предприятий указывают на то, что да. Противодействие стран-конкурентов (в первую очередь США) в плане приобретения высоких технологий и правовые проблемы рассматриваются как факторы «против». Доля отечественных ИС на внутреннем рынке вырастет, но запланированного уровня может не достичь.

Однако не все так однозначно. При проектировании ИС и технологических процессов, управлении производственными процессами в других областях микроэлектроники все большее значение приобретает ИИ. Например, благодаря использованию ИИ в инструментальных средствах САПР можно отказаться от «ручных» операций и сократить цикл проектирования с нескольких месяцев/недель до нескольких дней и менее. Несмотря на то, что по общему уровню разработок в области ИИ КНР пока отстает от США, в плане создания и начала реализации (с учетом объемов финансирования, на чем китайцы не экономят) общенационального плана развития ИИ КНР на два года опережает США. Рано или поздно это «выстрелит», в частности, в области микроэлектроники. И тогда достижение поставленных на 2025–2030 годы целей намного реальнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Merritt R.** China, Chips and 2019 Still Unclear // EE Times. 01.25.19. https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1334240
2. **Lung Chu.** Integration with global ecosystem key to growth of China's semiconductor industry // Solid State Technology. Wafer News. May 15. 2018. <http://electroiq.com/blog/2018/05/integration-with-global-ecosystem-key-to-growth-of-chinas-semiconductor-industry/>
3. **McGrath D.** China Said to be Raising \$47 Billion Semiconductor Fund // EE Times. 5.8.2018. https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1333268
4. China IC Production Forecast to Show a Strong 15% 2018–2023 CAGR // IC Insights Research Bulletin. 2019. February 07. <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=wm#inbox/FMfcgxwBVWRWvBkzXggwSrQKRgmbvCW>
5. Fab spending poised for remarkable fourth year of growth // SEMI. 12.03.2018. <http://www.semi.org/en/fab-spending-poised-remarkable-fourth-year-growth>
6. **McGrath D.** China's IC Production Forecast to Double Over Next 5 Years // EE Times. 02.08.19. https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1334300
7. China's Semiconductor Fab Capacity to Reach 20 Percent Worldwide Share in 2020, Region's Equipment Market Expected to Rise to Top // SEMI. 2018. September 4. <http://www.semi.org/en/chinas-semiconductor-fab-capacity-reach-20-percent-worldwide-share-2020-regions-equipment-market>
8. **Merritt R.** China Foundry Seeks Shared Model (Guangzhou joins the provincial race for fabs) // EE Times. 1.29.2018. https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1332901
9. **Ashwin Kaja, Yan Luo.** Covington Artificial Intelligence Update: China's Vision for The Next Generation of AI // Inside Privacy. 2018. March 24. <https://www.insideprivacy.com/artificial-intelligence/chinas-vision-for-the-next-generation-of-ai/>
10. **Triolo P., Kania E., Webster G.** Translation: Chinese government outlines AI ambitions through 2020 // New America. 2018. Jan. 26. <https://www.newamerica.org/cybersecurity-initiative/digichina/blog/translation-chinese-government-outlines-ai-ambitions-through-2020/>
11. **国务院关于印发《新一代人工智能发展规划》的通知.** 国发〔2017〕35号 http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm
12. **McGrath D.** Trump Creates U. S. AI Initiative // EE Times. 02.12.19 https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1334316