

# Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков

## Часть VI. Процессоры

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Внимание читателей предлагается шестая часть обзора, касающегося систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*, а также их применения. В этом году уже опубликованы первая [1], вторая [2], третья [3], четвертая [4] и пятая [5] части нашего седьмого по счету комплексного обзора, выходящего под привычной общей “шапкой”. Все предыдущие публикации по-прежнему легко и свободно доступны на нашем сайте [www.cad-cam-cae.ru](http://www.cad-cam-cae.ru).

Как и обычно, при отборе информации мы опираемся на сформулированный ранее подход: в потоке сообщений, исходящих от маркетинговых служб ведущих производителей процессоров, стараемся вычлениить те значимые события, которые действительно являются вехами в хронологии развития технологий, “спрессованной” в диаграммах [7, рис. 29, табл. 6] и [8, рис. 4].

Актуализированная информация, собранная за прошедший 2018-й и всё еще текущий 2019 годы, распределена по следующим разделам (отметим, что имеются определенные отличия от рубрикации предыдущего обзора [6]):

### 1 Состояние мировой полупроводниковой промышленности

- Объем поставок полупроводниковых приборов в натуральном выражении
- Объем рынка полупроводников в долларах
  - Оценки компании *Gartner*
  - Оценки компании *IHS Markit*
  - Оценки компании *IDC*
  - Оценки компании *IC Insights*
- Крупнейшие производители полупроводниковых приборов
- Контрактные производители

*Semiconductor units' shipment milestones (in billion hundreds) and averaged (for period between milestones) annual growth rates (%) for 1978–2018 and forecast for 2019 (IC Insights data: January, 2019)*

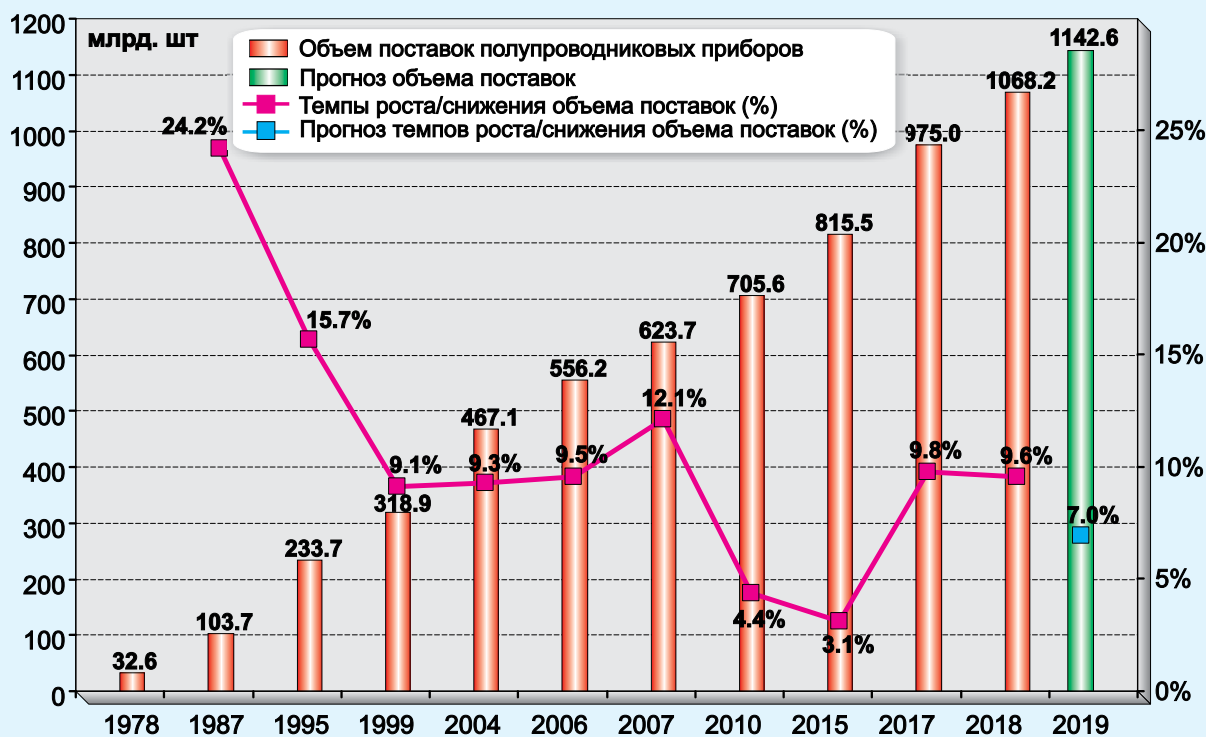


Рис. 1. Основные вехи роста годовых объемов поставок полупроводниковых приборов в натуральном выражении, а также усредненные (в период между вехами) темпы их роста/снижения (%) в 1978–2018 гг. с прогнозом на 2019 г. (данные IC Insights: январь 2019 г.)

## 2 Процессорный рынок

- Объем рынка процессоров
- Ведущие поставщики процессоров
- Оценки и прогнозы рынков систем для сферы искусственного интеллекта

– Процессоры, оптимизированные под алгоритмы ИИ

– Системы, оптимизированные для вычислений с использованием алгоритмов ИИ

– Системы ВПВ, оптимизированные для вычислений с использованием алгоритмов ИИ

- Первые прогнозы объема рынка HPC-систем на базе ARM-процессоров

## 3 Крупнейшие потребители полупроводниковых приборов.

При подготовке обзора мы опираемся на пре-парированные и дополненные нами данные, регулярно публикуемые следующими компаниями, которые занимаются систематическими исследованиями рынка полупроводниковых изделий:

- **Gartner** ([www.gartner.com](http://www.gartner.com)) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (шт. Коннектикут, США);

- **Hyperion Research** ([hyperionresearch.com](http://hyperionresearch.com)) со штаб-квартирой в гор. Сент-Пол (шт. Миннесота, США);

- **IC Insights** ([www.icinsights.com](http://www.icinsights.com)) со штаб-квартирой в гор. Скоттсдейл (шт. Аризона, США);

- **International Data Corporation** или **IDC** ([www.idc.com](http://www.idc.com)) со штаб-квартирой в гор. Фремингем (шт. Массачусетс, США);

- **IHS Markit** ([ihsmarkit.com](http://ihsmarkit.com)) со штаб-квартирой в Лондоне (Великобритания).

## 7 Состояние мировой полупроводниковой промышленности

Первым делом, по традиции, рассмотрим состояние дел в мировой полупроводниковой промышленности.

### 1.1. Объем поставок полупроводниковых приборов в натуральном выражении

В 2018 году мировая полупроводниковая промышленность достигла важного рубежа: ежегодные поставки (в натуральном выражении) всех видов полупроводниковых приборов превысили 1 триллион – 1.0682 трлн. штук, что на +9.6% больше, чем в 2017 году.

Данные, опубликованные в январе 2019 года аналитической компанией *IC Insight*, показывают важные вехи (рис. 1) на пути роста объемов годовых поставок полупроводниковых приборов. Отсчет ведется с 1978 года, когда этот показатель составлял всего 32.6 млрд. штук.

По данным аналитической компании *IC Insight*, в 2018 году мировой объем поставок полупроводниковых приборов в натуральном выражении преодолел триллионный рубеж – 1.0682 трлн. штук. Прирост в сравнении с 2017 годом составил +9.6%.

Согласно прогнозу аналитиков *IC Insight*, в 2019 году мировые поставки немного вырастут и достигнут 1.1426 триллиона штук.

### 1.2. Объем рынка полупроводников в долларах

#### ✓ Оценки компании Gartner

По оценкам аналитической компании *Gartner*, объем рынка полупроводниковых приборов в

**Табл. 1. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов в 2017–2018 гг. по версии Gartner**

Компания	Страна	2017 г.			2018 г.			2018 г. в сравнении с 2017 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Доход, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	59.875	14.2%	1	75.854	15.9%	1	+26.7%
<i>Intel</i>	США	58.725	14.0%	2	65.862	13.8%	2	+12.2%
<i>SK Hynix</i>	Корея	26.370	6.3%	3	36.433	7.6%	3	+38.2%
<i>Micron Technology</i>	США	22.895	5.4%	4	30.641	6.4%	4	+33.8%
<i>Broadcom*</i>	США	15.405	3.7%	6	16.544	3.5%	6	+7.4%
<i>Qualcomm*</i>	США	16.099	3.8%	5	15.380	3.2%	5	-4.5%
<i>Texas Instruments (TI)</i>	США	13.506	3.2%	7	14.767	3.1%	7	+9.3%
<i>Western Digital</i>	США	9.159	2.2%	9	9.321	2.0%	9	+1.8%
<i>STMicroelectronics</i>	Франция & Италия	8.031	1.9%	11	9.276	1.9%	8	+15.5%
<i>NXP Semiconductors</i>	Нидерланды	8.750	2.1%	10	9.010	1.9%	10	+3.0%
<b>Топ-10</b>		<b>238.815</b>	<b>56.8%</b>		<b>283.088</b>	<b>59.4%</b>		<b>+18.5%</b>
<b>Прочие компании</b>		<b>181.578</b>	<b>43.2%</b>		<b>193.605</b>	<b>40.6%</b>		<b>+6.6%</b>
<b>Доход мировой полупроводниковой промышленности</b>		<b>420.393</b>	<b>100%</b>		<b>476.693</b>	<b>100%</b>		<b>+13.4%</b>

Примечание: 1. Таблица составлена на основании данных компании Gartner (январь 2019 г.)

2. \* компания не располагает собственными производственными мощностями (fabless)

2018 году составил 474.6 млрд. долларов (рис. 2), что означает прирост +12.5% в сравнении с 2017 годом (421.7 млрд. долларов). Обращаем внимание читателей, что данные на рис. 2, почерпнутые в апрельском и июльском пресс-релизах, несколько отличаются от интегральных данных в табл. 1, составленной по данным январского пресс-релиза (конечно, речь идет о текущем, 2019-м годе).

Напомним, что годом раньше, в 2017-м, темпы роста были почти в два раза выше и составляли +22.8% в сравнении с 2016 годом (343.5 млрд. долларов). А двумя годами раньше, в 2016-м, темпы роста были на порядок меньше и составляли всего +2.6% в сравнении с 2015 годом (334.9 млрд. долларов), когда, в свою очередь, объем рынка уменьшился: -1.6% в сравнении с показателями 2014 года (340.3 млрд.). До этого тенденция была другой. Так, в 2014 году увеличение объема составило +8% по сравнению с показателями 2013 года (315 млрд.); в 2013 году рынок вырос на +5% по сравнению с 2012 годом (299.9 млрд.). Уменьшение объема рынка, подобное случившемуся в 2015 году, имело место в теперь уже далеком 2012-м: тогда оно составило -2.3% в сравнении с состоянием на 2011 год (306.9 млрд. долларов).

По оценкам аналитической компании *Gartner*, в 2018 году мировой объем выпуска полупроводниковых приборов в стоимостном выражении достиг 474.6 млрд. долларов, а прирост составил +12.5% в сравнении с 421.7 млрд. долларов в 2017 году, когда впервые была преодолена 400-миллиардная планка.

По прогнозу компании *Gartner*, в 2019 году ожидается снижение мирового объема выпуска полупроводниковых приборов в денежном выражении на -9.6% – до 429 млрд. долларов. Основной причиной снижения является серьезное падение цен на рынке памяти *DRAM* на -42%, связанное с её перепроизводством (*over-supply*) в 2019 году.

*Gartner* прогнозирует, что в 2019 году мировой объем выпуска полупроводниковых приборов в стоимостном выражении уменьшится на -9.6% и составит 429 млрд. долларов.

#### ✓ Оценки компании *IHS Markit*

По оценкам другой аналитической компании, *IHS Markit*, объем рынка полупроводниковых устройств в 2018 году вырос на +12.4% и достиг 482.3 млрд.

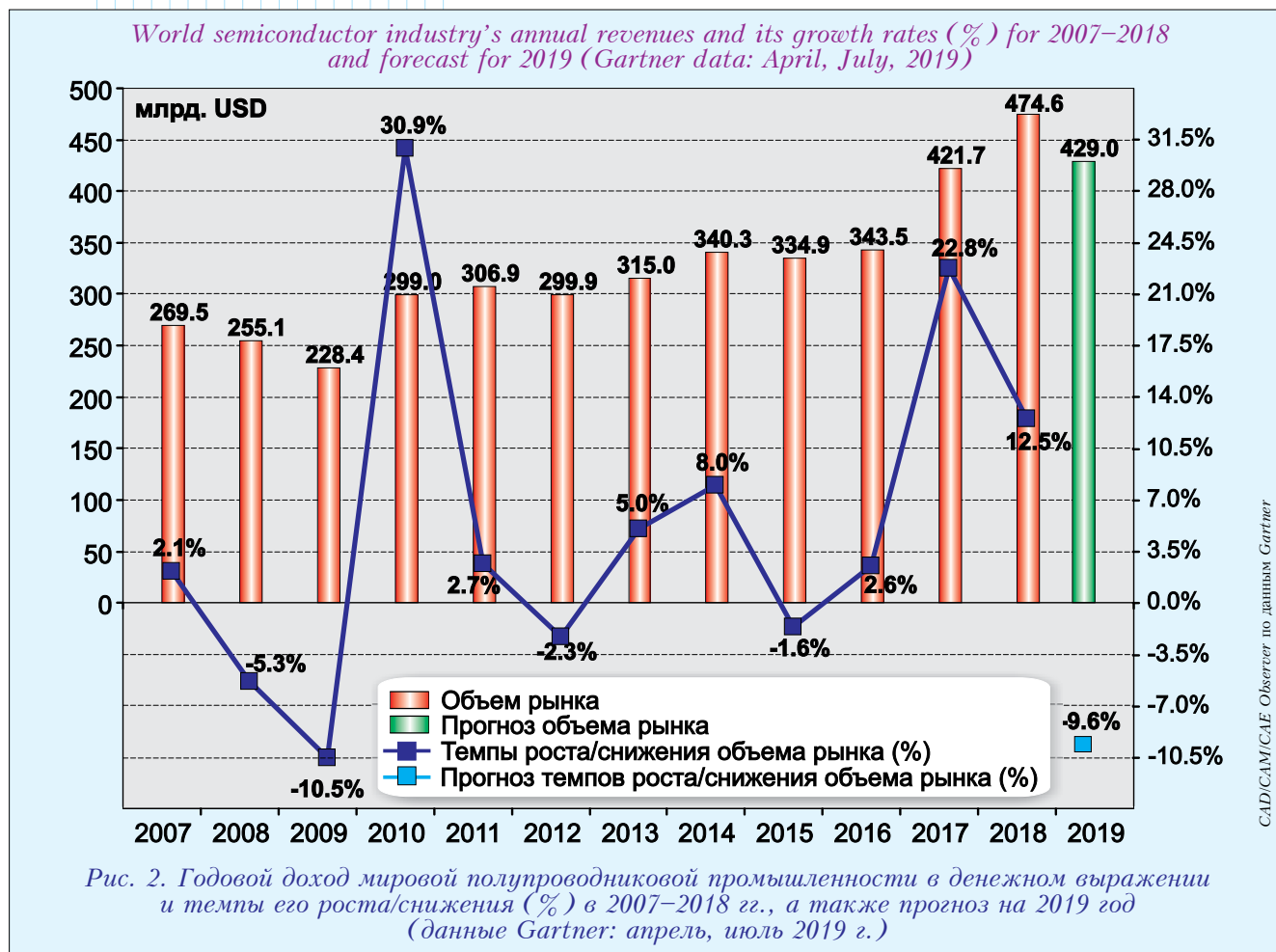


Табл. 2. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов в 2017–2018 гг. и прогноз на 2019 г. по версии IC Insights

Компания	Страна	2017 г.			2018 г.			2019 г.*			2018 г. в сравнении с 2017 г., %	2019 г. в сравнении с 2018 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге		
Intel	США	61.720	13.9%	2	69.880	13.9%	2	69.832	14.3%	1	+13.2%	-0.1%
Samsung Electronics	Корея	65.882	14.8%	1	78.541	15.6%	1	55.610	11.4%	2	+19.2%	-29.2%
TSMC**	Тайвань	32.163	7.2%	3	34.208	6.8%	4	34.503	7.1%	3	+6.4%	+0.9%
SK Hynix	Корея	26.722	6.0%	4	36.767	7.3%	3	22.886	4.7%	4	+37.6%	-37.8%
Micron Technology	США	23.920	5.4%	5	30.930	6.1%	5	19.960	4.1%	5	+29.3%	-35.5%
Broadcom***	США	17.795	4.0%	6	18.189	3.6%	6	17.706	3.6%	6	+2.2%	-2.7%
Qualcomm***	США	17.029	3.8%	7	16.385	3.3%	7	14.300	2.9%	7	-3.8%	-12.7%
Texas Instruments (TI)	США	13.910	3.1%	8	14.854	2.9%	8	13.547	2.8%	8	+6.8%	-8.8%
Toshiba+Kioxia (Toshiba Memory)	Япония	13.333	3.0%	9	13.801	2.7%	9	11.276	2.3%	9	+3.5%	-18.3%
NVIDIA***	США	9.402	2.1%	10	11.951	2.4%	10	10.514	2.2%	10	+27.1%	-12.0%
Sony	Япония	7.891	1.8%	14	7.715	1.5%	15	9.552	2.0%	11	-2.2%	+23.8%
STMicroelectronics	Франция & Италия	8.313	1.9%	12	9.619	1.9%	11	9.456	1.9%	12	+15.7%	-1.7%
Infineon Technologies	Германия	8.126	1.8%	13	9.210	1.8%	13	8.946	1.8%	13	+13.3%	-2.9%
NXP Semiconductors	Нидерланды	9.256	2.1%	11	9.407	1.9%	12	8.857	1.8%	14	+1.6%	-5.8%
MediaTek***	Тайвань	7.673	1.7%	16	7.891	1.6%	14	7.948	1.6%	15	+2.8%	+0.7%
<b>Топ-10</b>		<b>323.135</b>	<b>72.6%</b>		<b>369.348</b>	<b>73.3%</b>		<b>314.893</b>	<b>64.7%</b>		<b>+14.3%</b>	<b>-14.7%</b>
<b>Прочие компании</b>		<b>122.065</b>	<b>27.4%</b>		<b>134.752</b>	<b>26.7%</b>		<b>172.007</b>	<b>35.3%</b>		<b>+10.4%</b>	<b>+27.6%</b>
<b>Доход мировой полупроводниковой промышленности</b>		<b>445.200</b>	<b>100%</b>		<b>504.100</b>	<b>100%</b>		<b>486.900</b>	<b>100%</b>		<b>+13.2%</b>	<b>-3.4%</b>

Примечания: 1. Таблица составлена с использованием данных и прогноза\* (ноябрь 2018 г., март и ноябрь 2019 г.) компании IC Insights.  
 2. \*\* компания является контрактным производителем микросхем (foundry)  
 3. \*\*\* компания не располагает собственными производственными мощностями (fabless)

долларов – в сравнении с данными за 2017 год (429.1 млрд.), приведенными в предыдущем обзоре [6, табл. 2]. Отметим, что в таблицах IHS Markit за 2017 и 2018 гг. набор фигурантов Топ-10 не совпадает, а посему информации для андеята прошлогодней таблицы в рамках нынешнего обзора не хватает.

Если сравнить данные компаний Gartner и IHS Markit, то мы увидим, что оценки объема рынка в 2018 году у аналитиков из IHS Markit оказались на 5.6 млрд. долларов (или на 1.2%) выше, чем у аналитиков Gartner. Процент расхождения в общем-то невелик, хотя деньги сами по себе немалые.

### ✓ Оценки компании IC Insights

По оценкам еще одной аналитической компании, IC Insights, объем рынка полупроводниковых устройств в 2018 году вырос на +12.2% и впервые (по мнению IC Insights) преодолел 500-миллиардную отметку, достигнув величины 504.1 млрд. долларов (табл. 2).

Если сравнить данные компаний Gartner и IC Insights, то мы увидим, что у последней оценки объема рынка в 2018 году оказались на 27.4 млрд. долларов (или на 5.7%) выше, чем у аналитиков Gartner.

Прогнозы компании IC Insights тоже обещают в 2019 году снижение объема выпуска полупроводниковых приборов в денежном выражении – до 486.9 млрд. долларов (-3.4%).

### ✓ Оценки компании IDC

Со своими прогнозами выступила (в майском пресс-релизе) и аналитическая компания IDC.

На наш взгляд, они тоже заслуживают внимания:

- объем рынка полупроводниковых приборов в 2019 году сократится до 440 млрд. долларов – это на -7.2% меньше, чем в 2018 году, когда объем составил 474 млрд. долларов, увеличившись на +13.2% в сравнении с 2017 годом (418.7 млрд. долларов);
- к 2023 году объем рынка впервые (по версии IDC) преодолет 500-миллиардную отметку и достигнет 524 млрд. долларов, причем в 2020 году рост составит +2%, а далее, в период 2021–2023 гг., среднегодовой прирост будет еще больше: +5.3%.

В качестве завершения этого раздела следует сказать, что различия в цифрах и прогнозах упомянутых четырех компаний объясняются как степенью полноты данных (зависит от даты публикации пресс-релиза), так и различиями применяемых компаниями методик.

### 1.3. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов

Рейтинг производителей полупроводниковых приборов мы публикуем сразу в двух версиях, схожих по структуре данных: это Топ-10 от

Annual sales of microprocessor units and their growth rates (%) for 2011–2018 and forecast for 2019–2023 (IC Insights data: January, 2014; October 2019; 2015–2016 – interpolation)

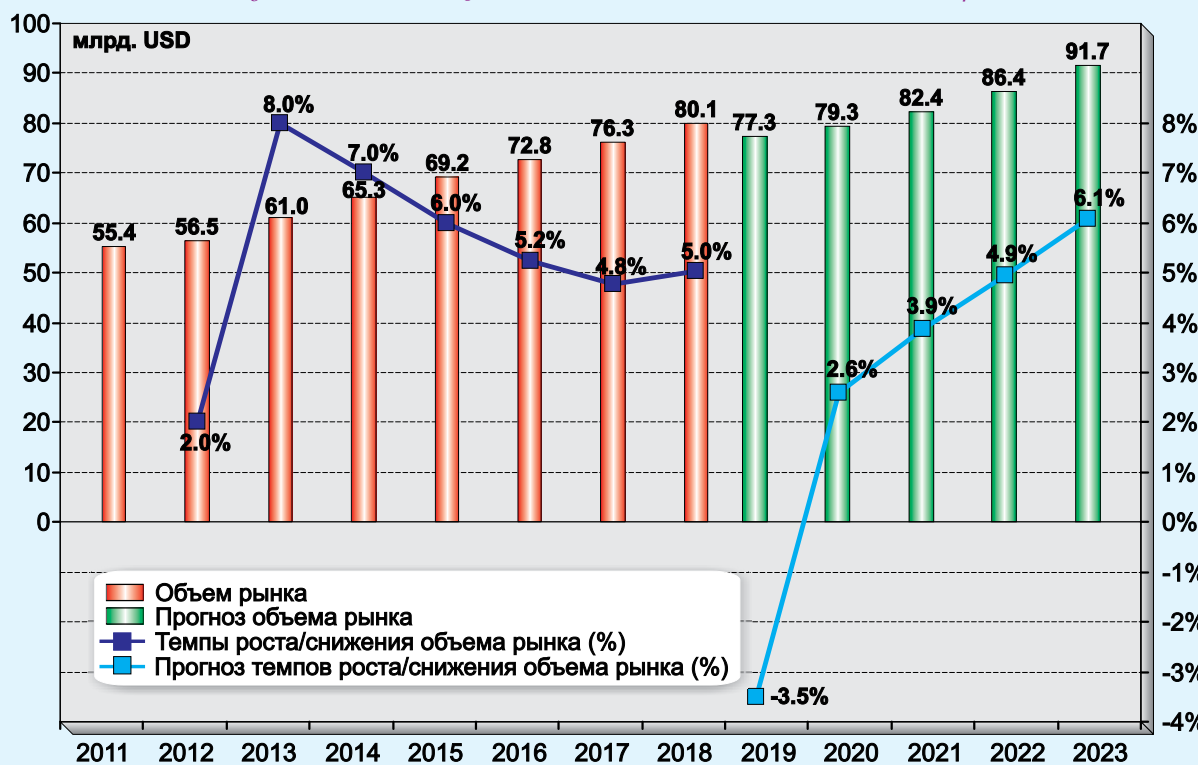


Рис. 3. Годовые объемы продаж микропроцессоров в денежном выражении и темпы их роста/снижения в период 2011–2018 гг. с прогнозом на 2019–2023 гг. (данные IC Insights: январь 2014 г.; октябрь 2019 г.; 2015–2016 гг. – интерполяция)

CAD/CAM/CAE Observer по данным IC Insights

аналитической компании *Gartner* (табл. 1) и Топ-15 от аналитической компании *IC Insights* (табл. 2). При этом последний включает ведущего контрактного производителя – тайваньскую компанию *TSMC*.

Если сравнивать оба рейтинга (“пропуская” компанию *TSMC*), то можно увидеть, что интегральные оценки для 2018 года у обеих групп аналитиков очень близки: производители из первой десятки выпустили полупроводниковой продукции либо на 283.1 млрд. долларов (59.4% всего объема рынка), либо на 299 млрд. долларов (59.3%) соответственно.

Оценки доходов для каждой компании из первой семерки в этих двух версиях несколько разнятся, однако порядок, в котором располагаются компании в рейтинге, совершенно одинаков:

- 1 южно-корейская компания *Samsung Electronics*;
- 2 американская компания *Intel*;
- 3 южно-корейская компания *SK Hynix*;
- 4 американская компания *Micron Technology*;
- 5 американская компания *Broadcom*;
- 6 американская компания *Qualcomm*;
- 7 американская компания *Texas Instruments*.

Такое распределение ролей стало результатом значительного прироста доходов трех ведущих производителей микросхем памяти, занявших первое, третье и четвертое места.

Если опираться на оценки аналитиков *Gartner* или *IC Insights*, то компания *Samsung* в 2018 году обеспечила соответственно 15.9% или 15.6% суммарного мирового объема выпуска полупроводниковых устройств в стоимостном выражении. Доля *Intel* сократилась до 13.8% или 13.9% соответственно.

Согласно данным аналитической компании *Gartner*, по результатам 2018 года среди производителей полупроводниковой продукции второй год подряд лидирует *Samsung Electronics*. Годовой объем реализации полупроводниковых приборов этой компании составил 75.854 млрд. долларов (это на +26.7% больше, чем в 2017 году), а рыночная доля достигла 15.9%.

В соответствии с прогнозом аналитиков *IC Insights* (табл. 2), в 2019 году состав лидирующего сегмента останется таким же, однако на привычное место лидера вернется компания *Intel*, доля которой вырастет до 14.3%. “Серебром” снова будет довольствоваться *Samsung* с долей рынка 11.4%.

В соответствии с прогнозом *IC Insights*, в 2019 году лидером среди производителей полупроводниковой продукции снова станет компания *Intel*. Годовой объем реализации её полупроводниковых приборов составит 69.832 млрд. долларов (это на -0.1% меньше, чем в 2018 году), тогда как рыночная доля расширится до 14.3%.

Начиная с восьмого места (без *TSMC*) и дальше, распределение мест в Топ-15 от *IC Insights* существенно отличается от таблицы о рангах, подготовленной аналитиками *Gartner*. Стоит отметить, что по версии *IC Insights* в первой десятке закрепились компания *NVIDIA* (9-е место, если без *TSMC*).

**Табл. 3. Ведущие поставщики микропроцессоров**

Компания	Страна	Система команд и область применения процессоров
<i>Intel</i>	США	<b>x86 – ПК, серверы</b>
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	<i>ARM</i> – мобильные
<i>Broadcom</i> *	Сингапур	<i>ARM</i> – мобильные
<i>Qualcomm</i> *	США	<i>ARM</i> – мобильные
<i>Texas Instruments</i>	США	<i>ARM</i> – мобильные и для встроенных систем
<b><i>NVIDIA</i>*</b>	США	<b><i>ARM</i> – мобильные, <i>GPU</i> – графические ускорители</b>
<i>NXP Semiconductors</i>	Нидерланды	<i>ARM</i> – мобильные и для встроенных систем
<i>MediaTek</i> *	Тайвань	<i>ARM</i> – мобильные
<i>Apple</i> *	США	<i>ARM</i> – ПК, мобильные
<b><i>AMD</i>*</b>	США	<b>x86 – ПК, серверы</b>
<i>Huawei (HiSilicon Technologies)</i> *	Китай	<i>ARM</i> – ПК, серверы, мобильные
<i>Fujitsu</i> *	Япония	<b><i>ARM</i> – серверы</b>
<b><i>IBM</i>*</b>	США	<b><i>POWER</i> – серверы</b>
<b><i>Malvell Technology</i>*</b>	США	<b><i>ARM</i> – серверы</b>

Примечания: 1. Таблица составлена с использованием данных компании *IC Insights* (ноябрь 2018 г., март и ноябрь 2019 г.)  
 2. \* компания не располагает собственными производственными мощностями (*fabless*)  
 3. Жирным шрифтом выделены компании, которые поставляют процессоры для суперкомпьютеров

#### 1.4. Контрактные производители

В предыдущем обзоре был представлен отчет (Топ-8) ведущих контрактных производителей полупроводниковой продукции [6, табл. 4]. Таблица была составлена по данным аналитической компании *IC Insights*. Данные для апдейта всей таблицы в этом году, к сожалению, отсутствуют.

Как следует из табл. 2, по результатам 2018 года выручка тайваньской компании *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)* составила 34.208 млрд. долларов при росте +6.4% в сравнении с 2017 годом (32.163 млрд. долларов). Это соответствует 4-му месту в рейтинге всех производителей полупроводниковых изделий – с долей 6.8%.

Среди контрактных производителей компания *TSMC* является лидером в течение всего периода наших наблюдений. Доля *TSMC* в общем объеме контрактного производства полупроводниковых приборов в 2017 году превысила половину: 51.6% [6, табл. 4]. Как мы видим, тайваньцы идут с большим отрывом.

Ожидается, что в 2019 году в рейтинге всех производителей полупроводниковых изделий доля *TSMC* составит 7.1% при выручке 34.503 млрд. долларов, что соответствует 3-му месту.

## 2 Процессорный рынок

Теперь обратимся к состоянию дел на рынке процессоров, в рассмотрении которого будем опираться на данные аналитиков *IC Insights* (рис. 3).

Напомним читателям наши публикации четырех-пятилетней давности [9, 10], которые также базировались на данных *IC Insights* и содержали оценки годовых объемов процессорного рынка, прогнозы развития его структуры, рыночное положение лидеров и их перспективы с учетом острой конкуренции в различных сегментах рынка.

Несмотря на разрыв в данных в 2015–2016 годах, мы посчитали необходимым, наряду с оценками для 2017–2018 гг. и прогнозом на 2019–2023 гг., интегрировать в рис. 3 еще и период 2011–2014 годов [10, рис. 2], восполнив недостающие столбики диаграммы методом интерполяции.

### 2.1. Объем рынка процессоров

В 2018 году объем рынка процессоров вырос на +5% в сравнении с 2017 годом: с 76.3 до 80.1 млрд. долларов (рис. 3).

По оценкам аналитиков *IC Insights*, в 2018 году объем рынка процессоров составил 80.1 млрд. долларов, что на +5% выше показателей 2017 года (76.3 млрд. долларов).

Annual sales of hardware, software and service for artificial intelligence (AI) and their growth rates (%) for 2017–2018 and forecast for 2019–2022 (IDC data: May, 2019)

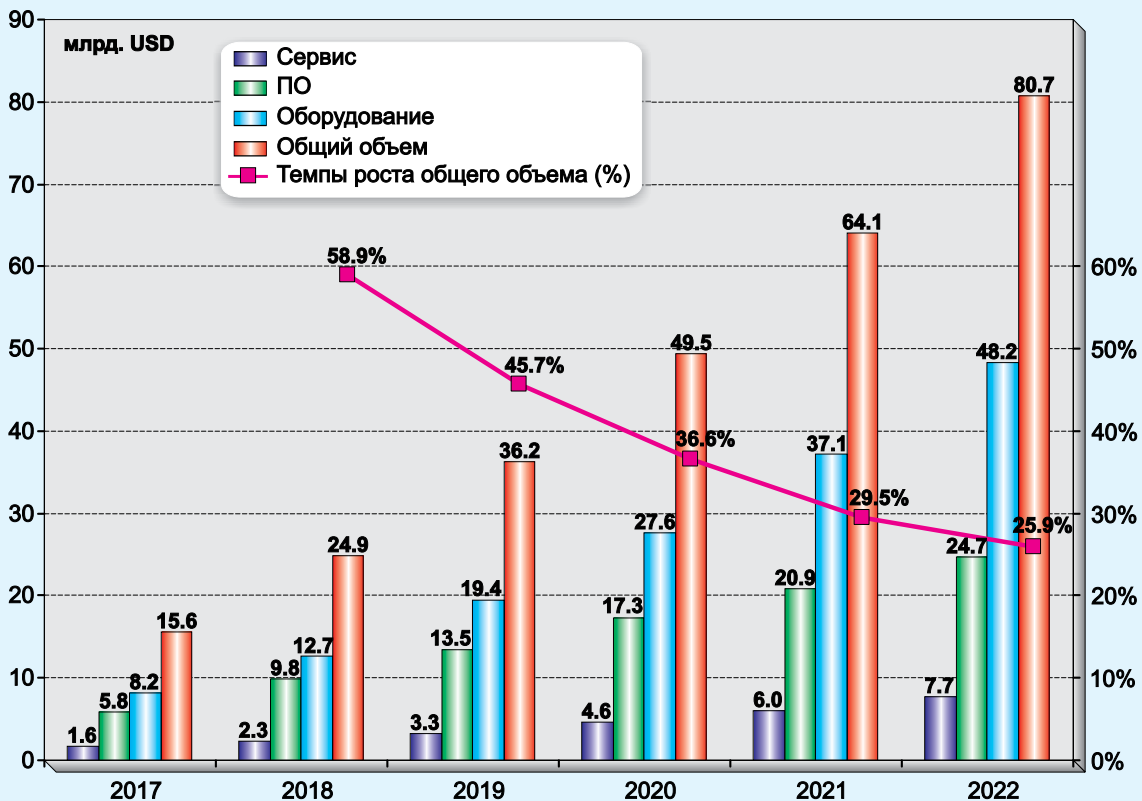


Рис. 4. Годовые объемы продаж оборудования, программного обеспечения (ПО) и сервиса в сфере искусственного интеллекта, а также темпы их роста (%) в 2017–2018 гг. с прогнозом на 2019–2022 гг. (данные IDC: май 2019 г.)

В 2019 году ожидается снижение объема рынка процессоров на -3.5% до 77.3 млрд. долларов.

По оценкам *IC Insights*, объем рынка процессоров в 2019 году сократится на -3.5% в сравнении с 2018 годом – до 77.3 млрд. долларов.

Далее, в период с 2020 по 2023 год, аналитики *IC Insights* ожидают роста объема рынка процессоров до 91.7 млрд. долларов. При этом темпы роста год от года будут нарастать: с 2.6% в 2020 году до 6.1% в 2023-м.

### 2.2. Ведущие поставщики процессоров

К сожалению, на момент подготовки обзора ни одна из аналитических компаний не опубликовала развернутые данные о ведущих производителях процессоров. Из-за отсутствия цифр мы ограничимся табл. 3, в которой представлен список ведущих производителей процессоров из рейтинга Топ-15 от *IC Insights*. Этот список дополнен производителями процессоров для суперкомпьютеров (выделены полужирным шрифтом), а также мобильных устройств, вендоры которых входят в лидирующую пятерку соответствующего рыночного сегмента.

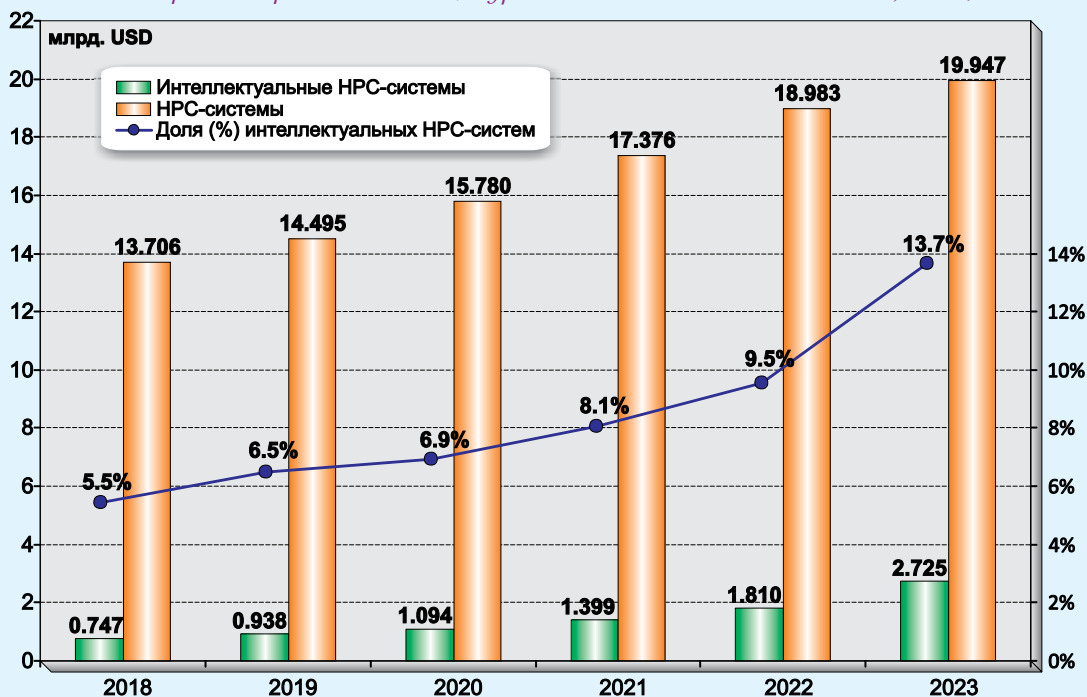
### 2.3. Оценки и прогнозы рынков систем для сферы искусственного интеллекта

Последние несколько лет стремительно развиваются системы для вычислений с использованием алгоритмов искусственного интеллекта

(ИИ). Отметим некоторые анонсы ноября–декабря 2019 года в этой сфере:

- американская компания *IBM*, создатель самого производительного суперкомпьютера *Summit* (148 *Pflops* реальной производительности), разрабатывает процессоры *POWER10*, оптимизированные для вычислений с использованием алгоритмов ИИ; применение интеллектуальных алгоритмов позволяет на 79% сократить необходимый объем вычислений при моделировании электронной структуры новейших процессоров;
- американская компания *Intel* представила графический процессор *Ponte Vecchio*, предназначенный для высокопроизводительных вычислений с применением алгоритмов машинного обучения. *GPU* базируется на архитектуре *Intel Xe* (*exascale for everyone*);
- американская компания *Microsoft* объявила о внедрении интеллектуальных сопроцессоров (*Intelligence Processing Unit, IPU*) *Graphcore C2*, разработанных британской компанией *Graphcore* (штаб-квартира в гор. Бристоль);
- китайская компания *Huawei* и научно-исследовательская лаборатория *Peng Cheng Laboratory*, расположенная в гор. Шэньчжэнь на юге Китая, представили первую очередь суперкомпьютера *Peng Cheng Cloud Brain II*, оптимизированного для вычислений с использованием алгоритмов ИИ. После ввода в эксплуатацию в полном объеме система будет демонстрировать производительность порядка 1000 *Pflops* для чисел с половинной точностью

*HPC market's size as well as market share (USD billions and %) of HPC-based AI in 2018 and forecast for 2019–2023 (Hyperion Research data: November, 2019)*



CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

*Рис. 5. Объем рынка ВПП в денежном выражении в 2018 г., прогнозируемый объем на период 2019–2023 гг. и доля в нём интеллектуальных HPC-систем (данные Hyperion Research: ноябрь 2019 г.)*



HPC market's size as well as market share (USD billions and %) of HPC systems based on ARM processors – forecast for 2019–2024 (Hyperion Research data: November, 2019)

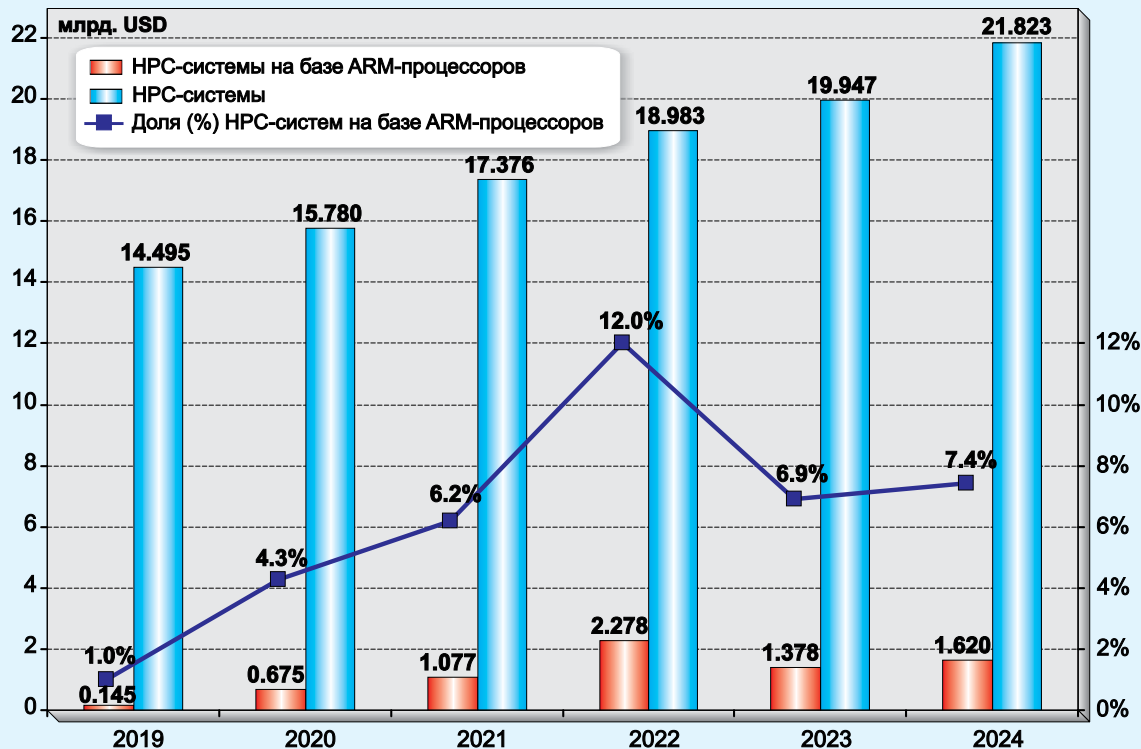


Рис. 6. Прогнозируемый объем рынка ВПП в денежном выражении на период 2019–2024 гг. и доля в нём систем на базе ARM-процессоров (данные Hyperion Research: ноябрь 2019 г.)

(FP16 – floating point 16 bit). Система построена из кластеров *Huawei Atlas 900 AI*, в которых задействованы ARM-процессоры *Huawei Kunpeng* и ускорители ИИ-вычислений *Huawei Ascend 910*.

Столь же стремительно растут объемы рынков, как в натуральном, так и в стоимостном выражении. Аналитики из компаний *IDC* и *Hyperion Research* подготовили оценки и прогнозы, касающиеся сферы систем ИИ.

#### ✓ Процессоры, оптимизированные под алгоритмы ИИ

В июле 2019 года аналитики из *IDC* опубликовали свои оценки рынка процессоров для систем периферийных вычислений, оптимизированных для выполнения алгоритмов ИИ (*edge AI processor*).

Ожидается, что в 2019 году объем поставки (в натуральном выражении) таких процессоров достигнет 340.1 млн. штук, при этом прирост составит +170% в сравнении с 2018 годом.

В 2018 году только очень небольшая (5.1%) часть систем для периферийных вычислений использовала процессоры, оптимизированные для работы с алгоритмами ИИ. К 2023 году доля систем с такими процессорами вырастет до 40.5%. При этом объем реализации (в стоимостном выражении) этих процессоров к 2023 году достигнет 40.4 млрд. долларов, а годовые темпы роста составят +86.4%.

#### ✓ Системы, оптимизированные для вычислений с использованием алгоритмов ИИ

Теперь поговорим про объем рынка систем, оптимизированных для вычислений с использованием алгоритмов ИИ (или, для краткости, интеллектуальных систем). По оценке аналитиков из *IDC*, опубликованной в марте 2019 года, в 2019 году этот показатель составит 36.2 млрд. долларов (рис. 4), а темпы роста достигнут +45.7%.

К 2022 году объем рынка интеллектуальных систем достигнет 80.7 млрд. долларов, то есть, увеличится более чем вдвое.

Если следовать прогнозам *IDC*, то получается, что в 2023 году объем поставок процессоров, оптимизированных под алгоритмы ИИ (40.4 млрд. долларов – см. предыдущий пункт), составит две трети (66%) от объема поставок аппаратного обеспечения интеллектуальных систем (61.2 млрд. долларов – сумма, полученная экстраполяцией прогноза на рис. 4).

#### ✓ Системы ВПП, оптимизированные для вычислений с использованием алгоритмов ИИ

В ноябре 2019 года аналитики из *Hyperion Research* опубликовали оценки для систем высокопроизводительных вычислений, оптимизированных для вычислений с использованием алгоритмов ИИ (или, для краткости, интеллектуальных HPC-систем).

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

Итак, в 2018 году доля интеллектуальных HPC-систем составила 5.5% от объема рынка HPC-систем (13.706 млрд. долларов) или 0.747 млрд. долларов (рис. 5).

Ожидается, что к 2023 году их доля вырастет до 13.7% или, в стоимостном выражении, до 2.725 млрд. долларов.

#### 2.4. Первые прогнозы объема рынка HPC-систем на базе ARM-процессоров

Мы продолжаем следить за разработкой и применением ARM-процессоров в ПК, серверах и суперкомпьютерах. Отметим некоторые анонсы ноября–декабря 2019 года в этой сфере:

- британская компания *Avantek Computer* предложила рабочую станцию на базе ARM-процессора *eMAG* от американской компании *Ampere Computing* (основные характеристики приведены в прошлогоднем обзоре [6]);
- *Microsoft* для своего облачного сервиса *Azure* устанавливает серверы на базе ARM-процессоров

*ThunderX2*, разработанных американской компанией *Cavium*, которая впоследствии была приобретена американской же компанией *Marvell*;

- американская компания *Amazon* представила 64-ядерный ARM-процессор *Graviton2* собственной разработки для создания облачных платформ; процессор производится по технологической

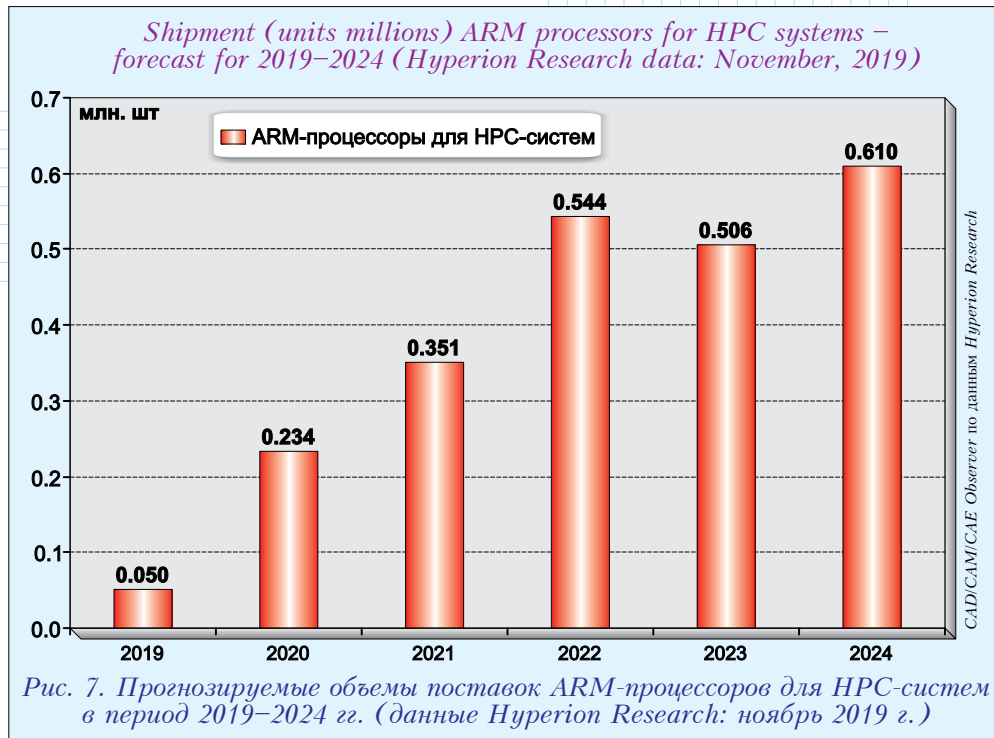


Рис. 7. Прогнозируемые объемы поставок ARM-процессоров для HPC-систем в период 2019–2024 гг. (данные Hyperion Research: ноябрь 2019 г.)

Табл. 4. Крупнейшие потребители полупроводниковых приборов в 2017–2018 гг.

Компания	Страна	2017 г.			2018 г.			2018 г. в сравнении с 2017 г., %
		Объем потребления, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Объем потребления, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	40.408	9.6%	1	43.421	9.1%	1	+7.5%
<i>Apple</i>	США	38.834	9.2%	2	41.883	8.8%	2	+7.9%
<i>Huawei</i>	Китай	14.558	3.5%	5	21.131	4.4%	3	+45.2%
<i>Dell Technologies</i>	США	15.606	3.7%	3	19.799	4.2%	4	+26.9%
<i>Lenovo Group</i>	Китай	15.173	3.6%	4	17.658	3.7%	5	+16.4%
<i>BK Electronics</i>	Китай	11.679	2.8%	6	13.720	2.9%	6	+17.5%
<i>Hewlett-Packard Inc.</i>	США	10.632	2.5%	7	11.584	2.4%	7	+9.0%
<i>Kingston Technology</i>	США	5.273	1.3%	13	7.843	1.6%	8	+48.7%
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	США	6.543	1.6%	8	7.372	1.5%	9	+12.7%
<i>Xiaomi</i>	Китай	4.364	1.0%	18	7.103	1.5%	10	+62.8%
<b>Топ-10</b>		<b>163.070</b>	<b>38.8%</b>		<b>191.514</b>	<b>40.2%</b>		<b>+17.4%</b>
<b>Другие компании</b>		<b>257.323</b>	<b>61.2%</b>		<b>285.179</b>	<b>59.8%</b>		<b>+10.8%</b>
<b>Доход мировой полупроводниковой промышленности</b>		<b>420.393</b>	<b>100.0%</b>		<b>476.693</b>	<b>100.0%</b>		<b>+13.4%</b>

Примечание: таблица составлена с использованием данных компании Gartner (февраль 2019 г.)

норме 7 nm и содержит порядка 30 млрд. транзисторов;

• японская компания *Fujitsu* объявила о начале поставки оборудования для суперкомпьютера *Fugaku* экзафлопсного класса, построенного на процессорах *Fujitsu A64FX* (основные характеристики см. в прошлогоднем обзоре [6]) с архитектурой от компании *ARM Holdings*. Отметим, что прототип супервычислителя *Fugaku* уже был представлен в рейтинге *Top500* в ноябре 2019 года.

Принимая во внимание растущие объемы применения *ARM*-процессоров вне сферы их доминирования (мобильные гаджеты), аналитическая компания *Hyperion Research* в ноябре 2019 года на конференции *SC19* в гор. Денвер (шт. Колорадо) представила свои результаты исследования нового сегмента рынка – систем ВПВ на базе *ARM*-процессоров. Помимо прочего, в исследовании дан прогноз в отношении стоимостной емкости этого сегмента на предстоящие пять лет – с 2019 по 2024 годы (рис. 6). На диаграмме видно, что к 2024 году доля *HPC*-систем на базе *ARM*-процессоров вырастет до 7.4% (в стоимостном выражении). Заметен также всплеск до 12% в 2022 году.

В натуральном выражении объемы поставок *ARM*-процессоров для *HPC*-систем тоже вырастут – более чем на порядок (рис. 7); уже в 2022 году этот показатель превысит полмиллиона штук.

Учитывая, что это первый прогноз для упомянутого сегмента, аналитики *Hyperion Research* наверняка будут уточнять его – скорее всего, это произойдет через полгода, когда будут представлены результаты исследования рынка *HPC*-систем по второму полугодю 2019 года, поскольку суперкомпьютерные вендоры, в свою очередь, обнародуют уточненные даты ввода систем экзафлопсного класса, в том числе и на базе *ARM*-процессоров.

### 3 Крупнейшие потребители полупроводниковых приборов

В табл. 4 сведены десять крупнейших потребителей полупроводниковых приборов.

Лидером регулярно обновляемого компанией *Gartner* рейтинга Топ-10 в 2010 году и 2012–2018 гг. неизменно был южно-корейский гигант *Samsung Electronics*. Лишь однажды, в 2011 году, компании *Apple* удалось оттеснить *Samsung* на вторые роли.

В 2018 году компании из Топ-10 в сумме потребили 40.2% объема продукции полупроводниковой промышленности в стоимостном выражении. В 2013, 2014, 2015, 2016 и 2017 годах этот показатель был несколько ниже: 36.4%, 36.3%, 36.8%, 38% и 38.8% соответственно.

Семь компаний из Топ-10, выделенные жирным шрифтом (*Samsung*, *Apple*, *Huawei*, *Dell Technologies*, *Lenovo Group*, *Hewlett-Packard Inc.*, *Hewlett-Packard Enterprise*) упоминаются в резюме к первой, второй и пятой частям

нашего обзора [1,2,5] как наши поднадзорные компании. По суммарным результатам деятельности этих компаний можно судить о тенденциях развития рассматриваемых нами рыночных сегментов устройств различной вычислительной мощности. 🌀

### Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура, квантовые вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №4, с. 68–77.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. *HPC*-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №4, с. 79–87.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №5, с. 65–78.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Сфера *PLM*, включая *CAE* и *EDA* // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №6, с. 6–18.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Компьютеры, планшеты, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №7, с. 68–78.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №8, с. 77–87.
7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2012–2013 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Процессоры для *HPC*-систем. *EDA*-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2013, №6, с. 77–88; №7, с. 85–92.
8. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2011–2012 годах: обзор достижений и анализ рынка. Часть III // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2013, №1, с. 75–86.
9. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2013–2014 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2014, №6, с. 65–73.
10. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2014–2015 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2015, №6, с. 56–63.

### Об авторе:

Павлов Сергей Иванович – *Dr. Phys.*, ведущий научный сотрудник Лаборатории математического моделирования окружающей среды и технологических процессов Латвийского университета ([Sergejs.Pavlovs@lu.lv](mailto:Sergejs.Pavlovs@lu.lv)), автор аналитического *PLM*-журнала “*CAD/CAM/CAE Observer*” ([sergey@cadcamcae.lv](mailto:sergey@cadcamcae.lv))