

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

Часть I. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура, квантовые вычисления

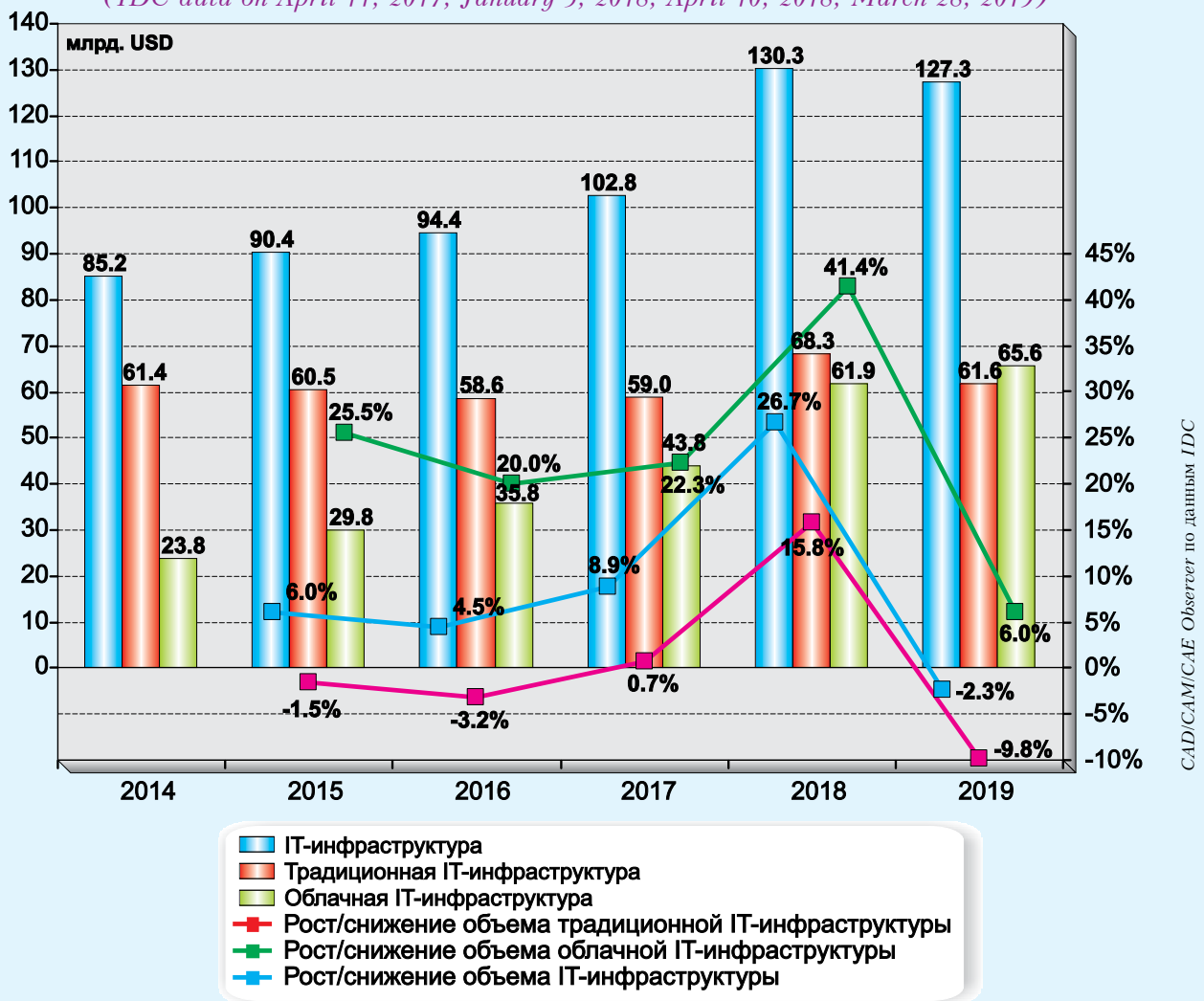
Сергей Павлов, Dr. Phys.

Предлагаем вниманию читателей очередной, уже седьмой по счету ежегодный комплексный обзор систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*, объединивший в прошлом году под общей “шапкой” девять самостоятельных частей [1–9]. Все предыдущие публикации по-прежнему свободно доступны на нашем сайте www.cad-cam-cae.ru.

Оптимизация структуры комплексного обзора будет продолжена автором и в этом году, что может вызвать перераспределение материала между его частями (с возможной корректировкой названий самостоятельных частей) и изменение порядка их публикаций.

В первой части обзора представлена актуализированная информация об интересующих нас сегментах компьютерного рынка, распределенная по

IT infrastructure's market size and growth rates for 2014–2018 and forecast for 2019 (IDC data on April 11, 2017; January 5, 2018; April 10, 2018; March 28, 2019)



CAD/CAM/CAE Observer по данным IDC

Рис. 1. Годовые объемы и темпы роста/снижения рынка ИТ-инфраструктуры в 2014–2018 гг. с прогнозом на 2019 г. (данные IDC на 11.04.2017 г., 05.01.2018 г., 10.04.2018 г. и 28.03.2019 г.)

следующим разделам (напомним, что облачная терминология обсуждалась в [10]):

1. Соотношение традиционной и облачной ИТ-инфраструктур

- Объемы сегментов рынка ИТ-инфраструктуры
- Прогноз изменения долей сегментов рынка ИТ-инфраструктуры

2. Серверный рынок

- Объем серверного рынка
- Основные финансовые показатели лидеров серверного рынка

3. Облачная ИТ-инфраструктура

- Основные финансовые показатели лидеров рынка облачной ИТ-инфраструктуры

4. Квантовые вычислители

5. Услуги для публичных облаков

- Рост объема рынка услуг для публичных облаков
- Лидеры рынка *IaaS*
- Лидеры рынка *SaaS*.

Об информационной базе настоящего обзора

Первым делом еще раз воспроизведем сформулированные нами важные пояснения в отношении информации, используемой при подготовке самостоятельных частей и всего комплексного обзора

в целом. В других самостоятельных частях обзора эти пояснения повторяться не будут.

Как мы не раз отмечали, отлов в безбрежном море информации значимых событий и тенденций, представляющих интерес для нашего обзора, традиционно производится с помощью ранее сформулированного подхода, практическое применение которого позволило составить наглядные диаграммы [11, рис. 4] и [12, рис. 29, табл. 6], отражающие заметные вехи в развитии технологий. Необходимость обновления упомянутых диаграмм назрела, по всей видимости, к моменту появления первого суперкомпьютера-эксафлопсника.

О горячих новостях и прорывных достижениях мы, как обычно, будем рассказывать в текущих на тот момент частях обзора, не откладывая до выхода соответствующей по тематике части.

В отношении финансовой аналитики мы стараемся, по возможности, использовать данные какой-либо одной из зарекомендовавших себя исследовательских компаний, которая длительное время занимается систематическим анализом интересующих нас рынков и их сегментов. Это позволяет следить за проходящей у нас на глазах эволюцией классификации, а также за трансформацией рынков и их сегментов.

IT infrastructure market shares of segments – traditional, cloud as well as for private and public clouds – for 2014–2018 and forecast for 2019–2023 (IDC data on April 11, 2017; January 5, 2018; April 10, 2018 and March 28, 2019)

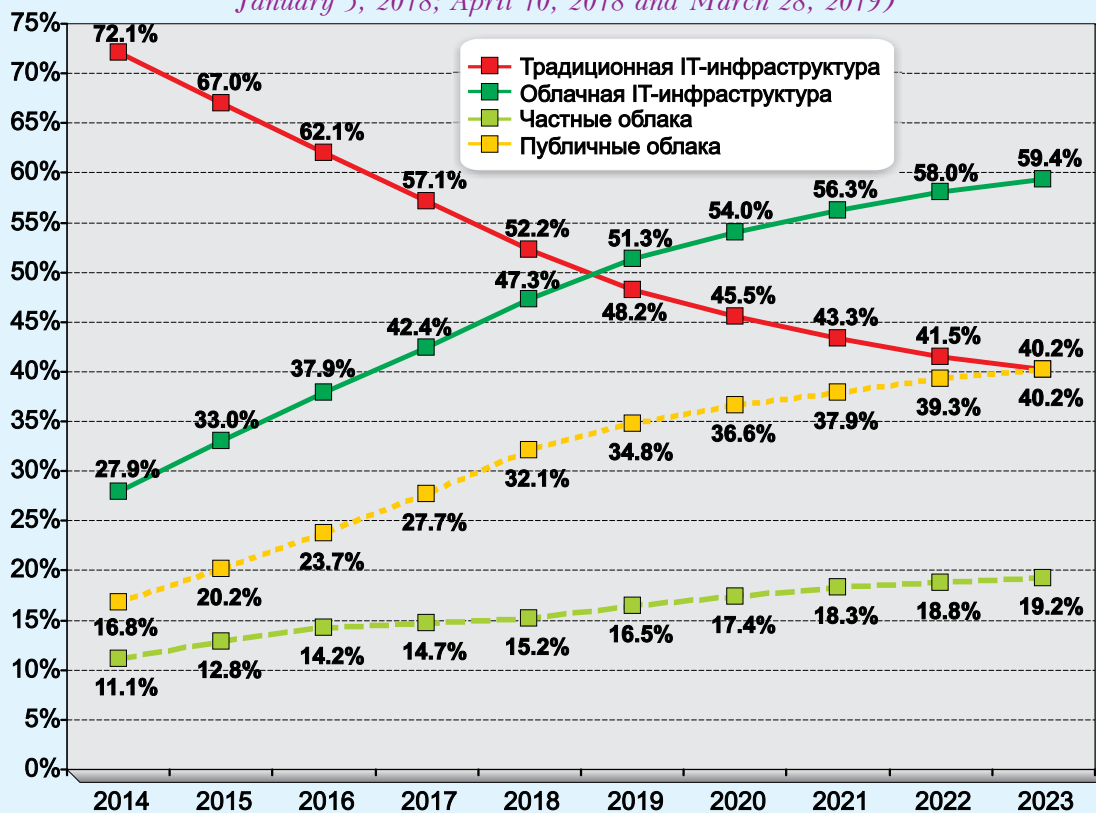


Рис. 2. Доли сегментов рынка ИТ-инфраструктуры (традиционной, облачной, а также для частных и публичных облаков) в 2014–2018 гг. с прогнозом на 2019–2023 гг. (данные IDC на 11.04.2017 г., 05.01.2018 г., 10.04.2018 г. и 28.03.2019 г.)

CAD/CAM/CAE Observer по данным IDC

Как показывает практика, если в публичном доступе появляются результаты исследований от разных аналитических компаний, то по одинаковым позициям обычно наблюдается некоторое расхождение данных. На наш взгляд, это обстоятельство вовсе не бросает тень на качество предлагаемой этими компаниями аналитики, поскольку расхождения объясняются различиями в классификации сегментов рынка и особенностями применяемых методик сбора и обработки данных. Мы же, со своей стороны, изучаем особенности классификаций, применяемых конкурирующими командами аналитиков, чтобы, по возможности, сопоставлять информацию разных компаний или же восполнять недостаток данных у аналитиков одной компании за счет пула данных другой.

Многие диаграммы, предлагаемые читателям, построены в результате “обратной оцифровки” графиков, публикуемых в материалах аналитических компаний, поскольку числовые данные публикуются ими выборочно и фрагментарно. Для восполнения и верификации данных, а также для представления информации в наглядной форме, удобной для анализа, автору приходится проводить некоторые несложные арифметические расчеты. Такой подход нельзя считать абсолютно безупречным, однако в целом достоверность наших цифр ничуть не ниже, чем у собственных числовых оценок аналитических компаний, которые впоследствии многократно уточняются. Наличие

такого явления, как постоянное изменение/уточнение аналитическими компаниями ранее представленных ими статистических данных обнаружить нетрудно: достаточно сравнить их публикации за различные годы, кварталы или даже месяцы. Вследствие этого мы указываем дату публикации в первоисточнике тех цифр, которые послужили основой при составлении наших графиков и таблиц. По этой же причине приведенные в настоящем обзоре цифры могут незначительно отличаться от опубликованных в более ранних наших статьях – так выглядит диалектический подход в преломлении компьютерных рынков.

В первой части настоящего обзора мы будем опираться, главным образом, на препарированные (дополненные и исправленные нами) данные систематических рыночных исследований, опубликованных в открытой печати аналитической компанией **International Data Corporation** или **IDC** (www.idc.com); её штаб-квартира расположена в гор. Фреммингем, шт. Массачусетс, США.

Кроме того, будем пользоваться некоторыми данными еще двух аналитических компаний:

- **Gartner** (www.gartner.com) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (шт. Коннектикут, США);
- **Synergy Research Group** (www.srgresearch.com) со штаб-квартирой в гор. Рино (шт. Невада, США).

Теперь, закончив с преамбулой, приступаем к делу.

Servers market size and growth rates for 2007–2018

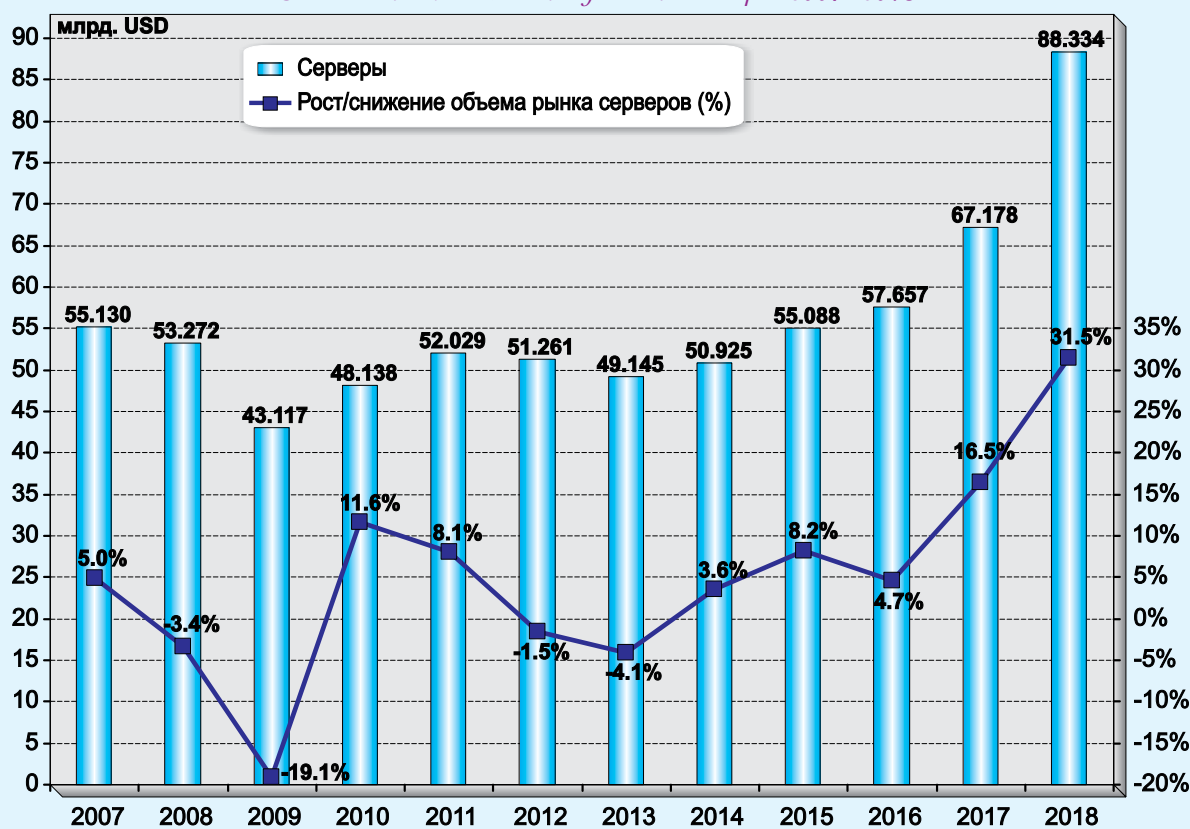


Рис. 3. Объемы и темпы роста/снижения рынков серверов в 2007–2018 гг.

CAD/CAM/CAE Observer по данным IDC

Servers vendors revenue for 2015–2018

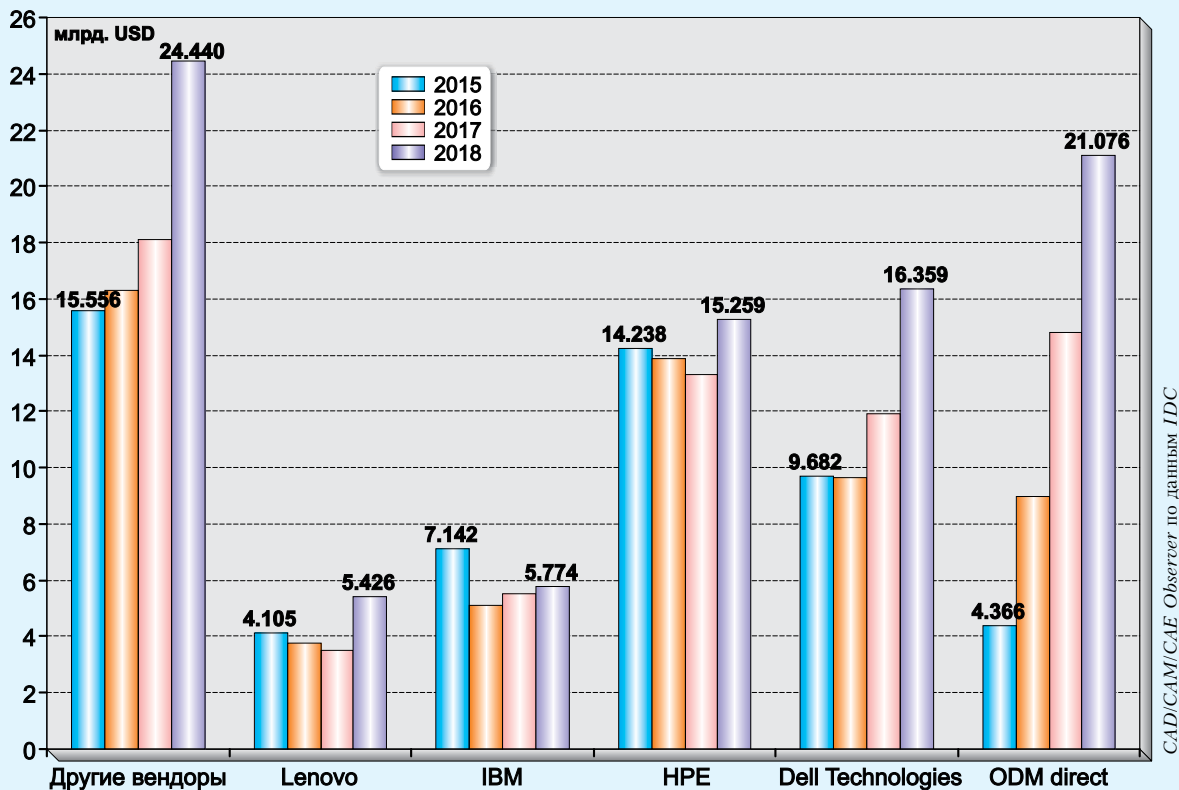


Рис. 4. Доходы поставщиков серверов в 2015–2018 гг.

1. Соотношение традиционной и облачной ИТ-инфраструктур

Внимание аналитиков из компании *IDC* сосредоточено на изучении квартальных доходов вендоров от поставок серверов (*Servers*), систем хранения информации (*Storage*) и сетевых коммутационных модулей (*Ethernet Switch*). Отметим, что по отдельности объемы поставок устройств, применяемых для создания традиционной и облачной ИТ-инфраструктуры, не рассматриваются.

Отдельное исследование аналитиков из *IDC* касается суммарных квартальных объемов поставок устройств, необходимых для создания облачной ИТ-инфраструктуры, а также прогнозов развития облачной ИТ-инфраструктуры в сравнении с традиционной.

1.1. Объемы сегментов рынка ИТ-инфраструктуры

Общий объем рынка ИТ-инфраструктуры в 2018 году составил 130.3 млрд. долларов (рис. 1). В сравнении с 2017 годом (102.8 млрд.) прирост составил +26.7%. Годом ранее, в 2017 году, прирост по сравнению с 2016 годом (94.4 млрд.) был в три раза ниже: +8.9%.

Объем сегмента облачной ИТ-инфраструктуры в 2018 году достиг 61.9 млрд. долларов при годовом росте +41.4% в сравнении с 2017 годом (43.8 млрд.). Годом ранее, в 2017 году, прирост

по сравнению с 2016 годом (35.8 млрд.) был в два раза ниже: +22.3%.

Объем сегмента традиционной ИТ-инфраструктуры в 2018 году достиг 68.3 млрд. долларов при годовом росте +15.8% в сравнении с 2017 годом (59.0 млрд.). Годом ранее, в 2017 году, прирост по сравнению с 2016 годом (58.6 млрд.) был весьма скромным – менее процента (+0.7%).

Servers market leaders revenues and shares in 2018

Лидеры серверного рынка в 2018 году (объем рынка 88.334 млрд. USD)

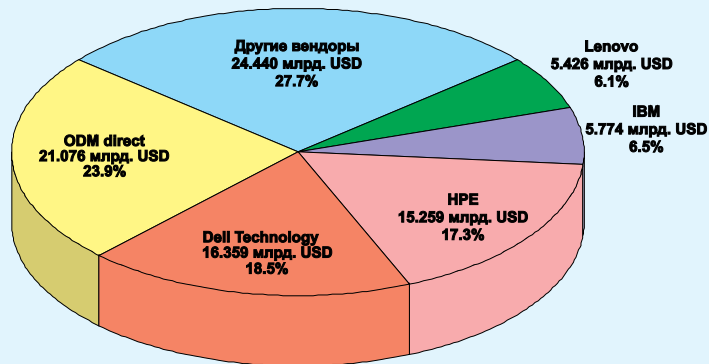


Рис. 5. Доходы лидеров рынка серверов и их рыночные доли в 2018 г.

Cloud IT infrastructure market size and vendors revenue for 2015–2018

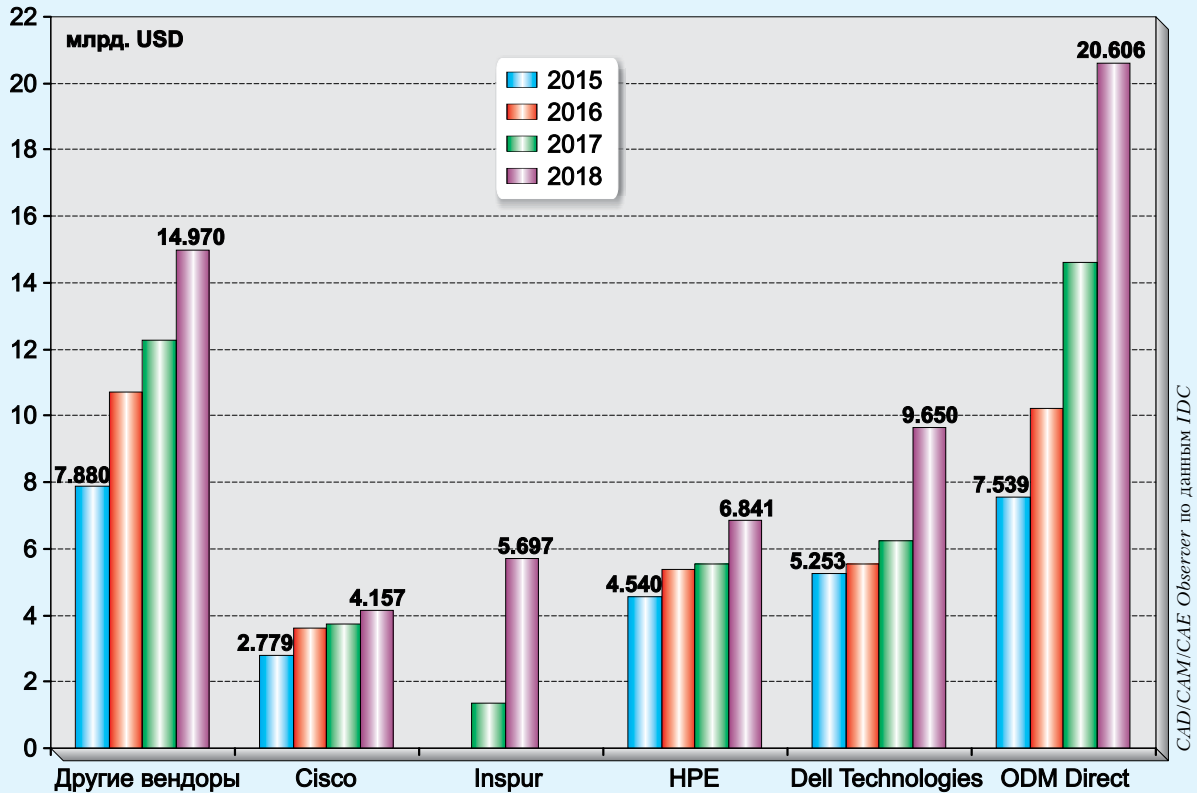


Рис. 6. Объемы рынка облачной ИТ-инфраструктуры в 2015–2018 гг. и доходы поставщиков

1.2. Прогноз изменения долей сегментов рынка ИТ-инфраструктуры

За 2018 год доля облачной ИТ-инфраструктуры выросла с 42.4% в 2017 году до 47.3% в 2018 году. Соответственно, доля традиционной ИТ-инфраструктуры уменьшилась: с 57.1% в 2017 году до 52.2% в 2018 году.

Согласно прогнозу аналитической компании IDC, доля облачной ИТ-инфраструктуры в общем объеме ИТ-инфраструктуры вырастет с 27.9% в 2014 году до 59.4% в 2023 году, тогда как доля традиционной за это время уменьшится с 72.1% до 40.2%.

Недвусмысленная тенденция сокращения доли традиционной ИТ-инфраструктуры в пользу облачной наблюдается уже пять лет и будет наблюдаться и в предстоящую пятилетку (рис. 2). При этом, согласно прогнозам компании IDC, объемы традиционной и облачной ИТ-инфраструктур в денежном выражении сравниваются в текущем 2019 году, а в дальнейшем облачная ИТ-инфраструктура будет превалировать.

Прогнозируется, что объемы традиционной и облачной ИТ-инфраструктур в денежном выражении сравниваются в текущем 2019 году.

2. Серверный рынок

Настоящий раздел подготовлен с использованием данных компании IDC о квартальных доходах вендоров от поставок серверов. Напомним, что в отчетах IDC, начиная с 2013 года, помимо сведений о пятерке ведущих поставщиков серверов имеется строка с названием **ODM direct**. В этой

Cloud IT infrastructure market leaders' revenues and shares in 2018

Лидеры рынка облачной ИТ-инфраструктуры в 2018 году (объем рынка 61.921 млрд. USD)

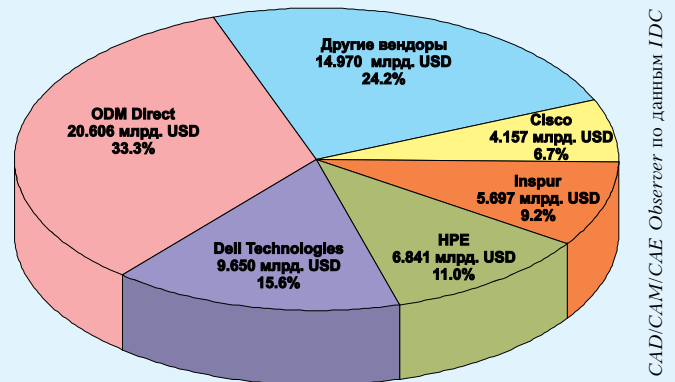


Рис. 7. Доходы лидеров рынка облачной ИТ-инфраструктуры и их рыночные доли в 2018 г.

позиции фиксируется объем заказов на оборудование для обеспечения облачных операций и обработки больших объемов данных. Оригинальное оборудование проектируется и производится компаниями, которые *IDC* относит к классу *Original Design Manufacturers (ODM)*.

2.1. Объем серверного рынка

По сравнению с ситуацией на 2017 год, общий объем всего серверного рынка в денежном выражении в 2018 году существенно увеличился (+31.4%) – до величины 88.3 млрд. долларов (рис. 3), что является новым абсолютным рекордом.

Согласно данным аналитической компании *IDC*, объем серверного рынка в 2018 году составил 88.3 млрд. долларов, то есть увеличился на +31.4% по сравнению с 2017-м.

В предыдущие четыре года объем рынка тоже увеличивался:

- в 2017 году (67.2 млрд. долларов) – рост на +16.6% по сравнению с 2016-м;
- в 2016 году (57.7 млрд. долларов) – рост на +4.7% по сравнению с 2015-м;
- в 2015 году (55.09 млрд. долларов) – рост на +8.2% по сравнению с 2014-м;
- в 2014 году (50.9 млрд. долларов) – рост на +3.6% по сравнению с 2013-м.

Более глубокое погружение в историю рынка серверов можно сделать, заглянув в наши предыдущие обзоры.

2.2. Основные финансовые показатели лидеров серверного рынка

По состоянию на 2018 год, лидерами серверного рынка в целом являются, по версии *IDC*, четыре хорошо известные компании (рис. 4, 5):

- 1 *Dell Technologies*;
- 2 *Hewlett-Packard Enterprise (HPE)*;
- 3 *IBM*;
- 4 *Lenovo*.

Сформировать квинтет из лидеров не удалось, поскольку три остальные крупные компании в пятерку квартальных лидеров попадали не всегда: *Cisco* (I, II, III кварталы), *Huawei* (II, III кварталы), *Inspur Electronics* (II, III, IV кварталы).

Майку лидера серверного рынка в 2018 году впервые примерила компания *Dell Technologies*, отодвинувшая на вторую позицию многолетнего лидера – *HPE*. После объединения компаний *Dell* и *EMC* (напомним, что об этой сделке было объявлено в октябре 2015 года, а закрыта она была лишь в сентябре 2016-го) компании *Dell Technologies* удалось “отыграть” отставание, составлявшее свыше 4 млрд. долларов, и создать себе миллиардный задел.

Напомним, что к результатам *HPE* приплюсованы результаты китайского предприятия *New H3C Group*

Size and growth rate (%) for market of services for public clouds for 2015–2018 and forecast for 2019–2022 (*IDC* data on August 10, 2016; January 18, 2018 and February 28, 2019)

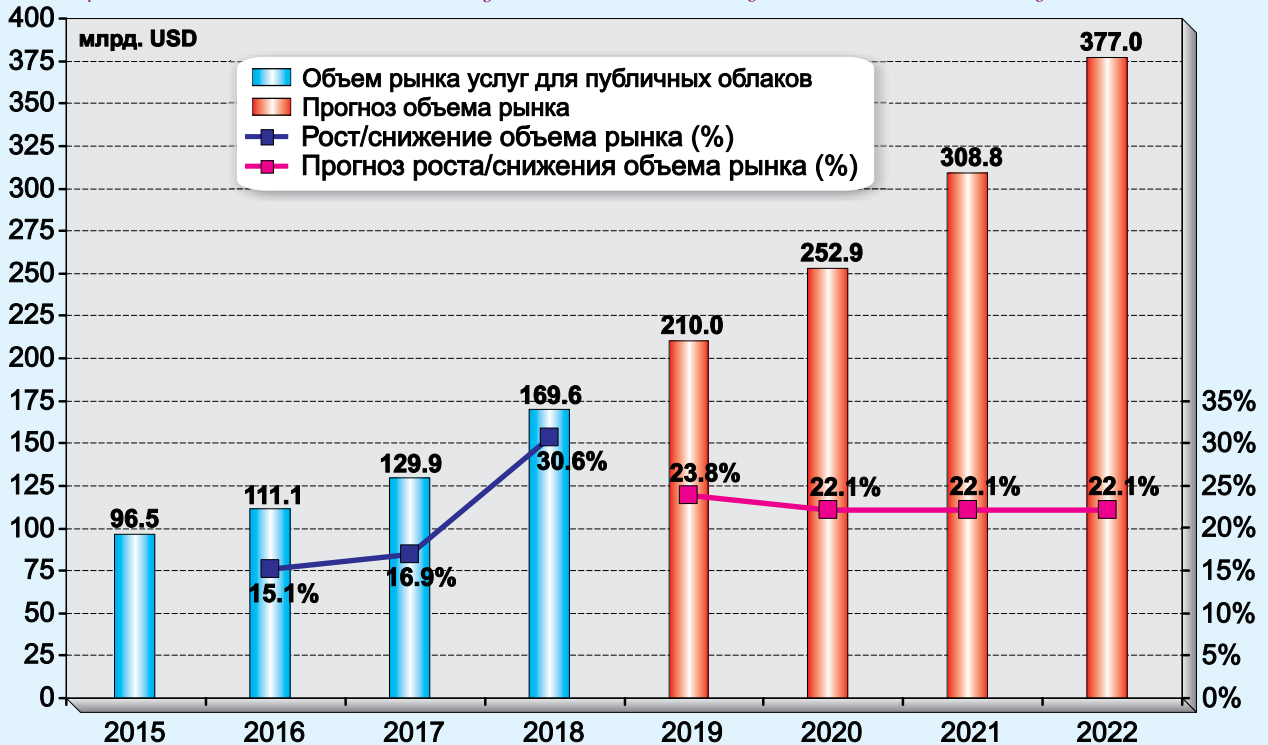


Рис. 8. Объем и темпы роста/снижения (%) рынка услуг для публичных облаков в 2015–2018 гг. с прогнозом на 2019–2022 гг. (данные *IDC* на 10.08.2016 г., на 18.01.2018 г. и на 28.02.2019 г.)

Size of market of services for public clouds for 2016–2018 and forecast for 2019–2022
(Gartner data on January 25, 2016, October 12, 2017, April 12, 2018, April 2, 2019)

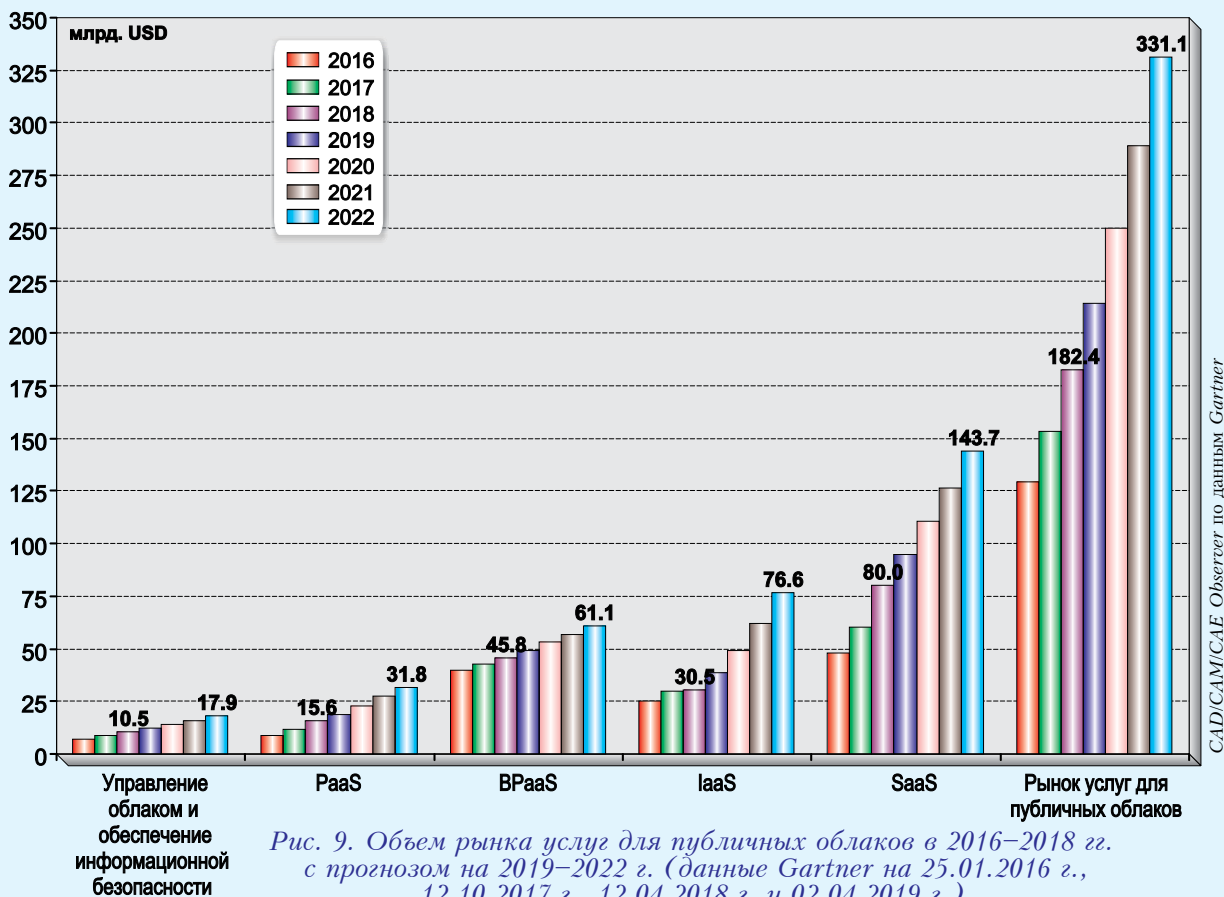


Рис. 9. Объем рынка услуг для публичных облаков в 2016–2018 гг. с прогнозом на 2019–2022 г. (данные Gartner на 25.01.2016 г., 12.10.2017 г., 12.04.2018 г. и 02.04.2019 г.)

(его штаб-квартиры находятся в городах *Hangzhou* и *Beijing*, то есть Пекин), образование которого было завершено 4 мая 2016 года в соответствии с соглаше-

нием между компанией *HPE* и китайским холдингом *Tsinghua Holdings*.

3. Облачная ИТ-инфраструктура

Этот раздел, как и предыдущий, подготовлен на основе данных компании *IDC* для рынка ИТ-инфраструктуры, включающих в себя квартальные доходы пяти ведущих поставщиков, а также *ODM direct*.

3.1. Основные финансовые показатели лидеров рынка облачной ИТ-инфраструктуры

По версии *IDC*, в квартет лидирующих поставщиков облачной ИТ-инфраструктуры в 2018 году вошли следующие четыре компании (рис. 6, 7):

- 1 Dell Technology;
- 2 HPE;
- 3 Inspur Electronics;
- 4 Cisco.

Только эта четверка попадала в пресс-релизы *IDC* в качестве лидеров в каждом квартале, и для них

Structure of market of services for public clouds in 2018
(Gartner data on April 2, 2019)

Объем услуг для публичных облаков в 2018 году – 182.4 млрд. USD

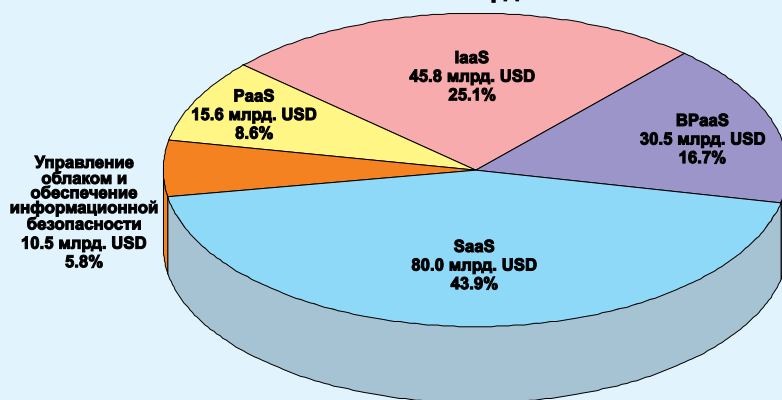


Рис. 10. Структура рынка услуг для публичных облаков в 2018 г. (данные Gartner на 02.04.2019 г.)

указывались интересующие нас квартальные показатели. Корректно ранжировать две другие компании мы не можем, поскольку в пятерку квартальных лидеров они входили не каждый раз. Речь идет о *Huawei* (I, IV кварталы) и *Lenovo* (II, III, IV кварталы).

Лидерство в 2018 году сохранила компания *Dell Technologies*, которая возглавила рейтинг в 2016 году.

Как и в предыдущем разделе, к данным *HPE* добавлены результаты *New H3C Group*.

В совокупности на тандем лидеров в 2018 году приходится шестая часть (16.5%) рынка облачной ИТ-инфраструктуры (рис. 7). Не будем забывать, что компании *Dell* и *HPE* являются еще и ведущими поставщиками серверов: в 2018 году их доля на этом рынке составила более трети (35.8%) общего объема в денежном выражении (рис. 5).

4. Квантовые вычислители

В этом разделе мы по-прежнему оставляем за кадром тонкости функционирования таких систем. Наша задача – наблюдать за достижениями ведущих игроков складывающегося рынка квантовых вычислений, а также отслеживать интересующую нас информацию о практических шагах, связанных с внедрением результатов фундаментальных научных исследований в этой области. Среди поднадзорных отметим компании *IBM*, *Google*, *Intel*, *Microsoft*, *Alibaba*, *Fujitsu*, *Rigetti Computing*.

Прототипы квантовых компьютеров, учитывая их достаточно большие габариты (в первую очередь из-за необходимости использовать криогенную технику), сложно отнести к изделиям для массового применения. Но и к отвлеченным изысканиям эту область относить уже нельзя. Так, благодаря исследованиям компании *IBM*, во второй половине 2019 года для любого пользователя будет облачно доступен через сеть *IBM Q Network* первый в мире квантовый компьютер *IBM Q System One*, предназначенный для

коммерческого использования. Система, представленная 9 января 2019 года на выставке *CES 2019*, будет работать в Квантовом компьютерном центре (*IBM Q Quantum Computation Center*), который создается в гор. *Poughkeepsie* (штат Нью-Йорк).

5. Услуги для публичных облаков

Настоящий раздел подготовлен, в основном, с использованием данных от компаний *IDC* и *Gartner*.

5.1. Рост объема рынка услуг для публичных облаков

По прогнозу компании *IDC*, объем рынка услуг для публичных облаков в 2019 году вырастет на +23.8% и достигнет 210 млрд. долларов. В дальнейшем его средний годовой прирост составит +22.1%, а объем к 2022 году достигнет 377 млрд. долларов (рис. 8) – то есть рынок станет в два с лишним раза больше, чем в 2018-м (169.6 млрд. долларов).

По прогнозу компании *IDC*, объем рынка услуг для публичных облаков к 2022 году достигнет 377 млрд. долларов, при более чем двукратном росте (+122.2%) в сравнении с 2018 годом (169.6 млрд. долларов).

Согласно прогнозу компании *Gartner*, объем рынка услуг для публичных облаков в 2019 году вырастет на +17.4% и достигнет 214.2 млрд. долларов. Объем рынка к 2022 году вырастет на +81.5% в сравнении с 2018 годом и достигнет 331.1 млрд. долларов (рис. 9).

Согласно прогнозу компании *Gartner*, объем рынка услуг для публичных облаков к 2022 году достигнет 331.1 млрд. долларов, при почти двукратном росте (+81.5%) в сравнении с 2018-м (182.4 млрд. долларов).

Табл. 1. Структура рынка услуг для публичных облаков в 2017–2018 гг. с прогнозом на 2019 г.

Виды услуг	2017 г.		2018 г.		2019 г.		2018 г. в сравнении с 2017 г., %	2019 г. в сравнении с 2018 г., %
	Доход, млрд. USD	Доля, %	Доход, млрд. USD	Доля, %	Доход, млрд. USD	Доля, %		
<i>SaaS</i>	60.2	39.2%	80.0	43.9%	94.8	44.3%	+32.9%	+18.5%
<i>BPaaS</i>	42.6	27.8%	45.8	25.1%	49.3	23.0%	+7.5%	+7.6%
<i>IaaS</i>	30.0	19.6%	30.5	16.7%	38.9	18.2%	+1.7%	+27.5%
<i>PaaS</i>	11.9	7.8%	15.6	8.6%	19.0	8.9%	+31.1%	+21.8%
Управление облаком, обеспечение информацион- ной безопасности	8.7	5.7%	10.5	5.8%	12.2	5.7%	+20.7%	+16.2%
Весь рынок услуг для публичных облаков	153.4	100.0%	182.4	100.0%	214.2	100.0%	+18.9%	+17.4%

Примечание: таблица составлена на основе данных компании *Gartner* (на 12.10.2017 г., 12.04.2018 г. и 02.04.2019 г.)

Size and structure of IaaS market in 2015–2017 (Gartner data on September 27, 2017 and August 1, 2018)

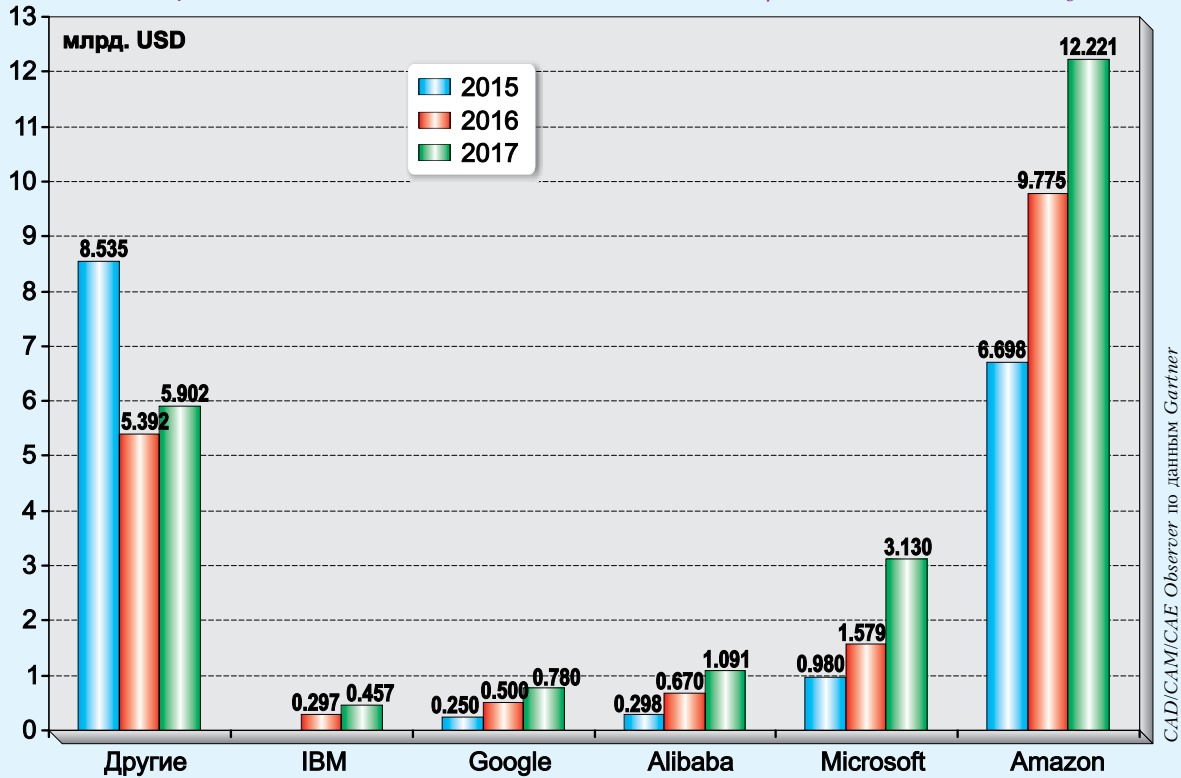


Рис. 11. Объем и структура рынка IaaS в 2015–2017 гг. (по данным Gartner на 27.09.2017 г. и на 01.08.2018 г.)

В целом оценки компаний *IDC* и *Gartner* сопоставимы, а причина расхождений, по всей видимости, кроется в различиях применяемой классификации.

Аналитики *IDC* оценивают структуру этого рынка по следующим категориям:

- предоставление программного обеспечения в качестве услуги (*SaaS*);
- предоставление инфраструктуры в качестве услуги (*IaaS*);
- и предоставление платформы в качестве услуги (*Paas*).

Судить о стоимостных соотношениях отдельных сегментов по пресс-релизу компаний от 28.02.2019 г. достаточно сложно – сказано лишь, что доля *SaaS* составляет более половины. Построить таблицу для пятилетнего периода 2018–2022 гг. по свободно доступным данным также затруднительно.

Разработанная аналитиками *Gartner* классификация сегментов рынка услуг для публичных облаков (рис. 9, 10, табл. 1) используется ими уже четвертый год, и, по всей видимости, её уже можно считать устоявшейся. Чтобы освежить в памяти толкование понятий, применяемых компанией *Gartner*, рекомендуем обратиться к

терминологической части позапрошлого года [10].

В качестве сравнения с прогнозами *IDC*, приведем для тех же сегментов рынка оценки компании *Gartner* для 2019 года (все цифры указаны в млрд. долларов):

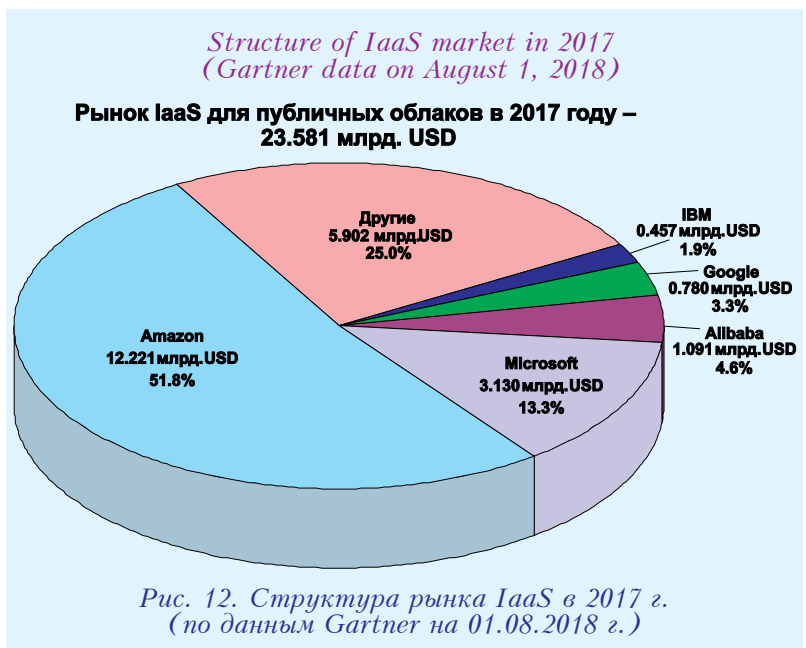


Рис. 12. Структура рынка IaaS в 2017 г. (по данным Gartner на 01.08.2018 г.)

- объем услуг для публичных облаков – 210 vs. 214.2;
- *SaaS* – более 105 vs. 94.8;
- *IaaS+PaaS* – менее 105 vs. 57.9.

Для проведения более глубокого и более корректного сравнения необходимо ознакомиться с более подробной классификацией сегментов, применяемой этими конкурирующими компаниями.

5.2. Лидеры рынка *IaaS*

Что касается распределения долей, занимаемых в 2017 году лидерами рынка *IaaS* (предоставление инфраструктуры как услуги), – здесь мы располагаем только данными по версии *Gartner* (рис. 11, 12). При этом показатель объема рынка на 01.08.2018 г. в размере 23.58 млрд. долларов в пресс-релизе *Gartner* от 02.04.2019 г. был увеличен на +29.4% и составил 30.5 млрд. долларов (табл. 1).

Аналитики этой компании расставили пятерку лидеров в следующем порядке: *Amazon*, *Microsoft*, *Alibaba*, *Google* и *IBM*.

5.3. Лидеры рынка *SaaS*

По версии аналитиков из *Synergy Research Group*, квинтет лидеров среди поставщиков *SaaS* (программное обеспечение как услуга) по данным на II квартал 2018 года (пресс-релиз опубликован 21.08.2018 г.) состоит из *Microsoft*, *Salesforce*, *Adobe*, *Oracle* и *SAP*. Квартальный объем рынка *SaaS* составляет порядка 20 млрд. долларов.

Годом ранее в пресс-релизе от 31.08.2017 г. по данным на II квартал 2017 года распределение мест в квинтете лидеров было таким же, а квартальный объем оценивался величиной порядка 15 млрд. долларов.

Резюме

Итак, в первой части нашего обзора были рассмотрены, с различной степенью углубленности, следующие рынки:

- 1 серверов (лидеры – *Dell Technologies*, *HPE*, *IBM*, *Lenovo*, *Cisco*, *Huawei*, *Inspur Electronics*);
- 2 облачной ИТ-инфраструктуры (лидеры – *Dell Technology*, *HPE*, *Inspur Electronics*, *Cisco*, *Huawei*, *Lenovo*);
- 3 квантовых вычислений (лидеры – *IBM*, *Google*, *Intel*, *Microsoft*, *Alibaba*, *Fujitsu*, *Rigetti Computing*);
- 4 предоставления инфраструктуры как услуги (лидеры – *Amazon*, *Microsoft*, *Alibaba*, *Google* и *IBM*);
- 5 поставщиков ПО как услуги (лидеры – *Microsoft*, *Salesforce*, *Adobe*, *Oracle* и *SAP*).

Более пристальное внимание при подготовке обзоров мы обращали и будем обращать на компании, выделенные полужирным шрифтом, поскольку это позволяет получать достаточно точное представление об интересующих нас сегментах компьютерного рынка. 📖

Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура, квантовые вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №3, с. 6–14.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. *HPC*-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №4, с. 80–87.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №5, с. 19–32.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Сфера *PLM*, включая *CAE* и *EDA* // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №6, с. 6–18.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Компьютеры, планшеты, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №7, с. 79–87.
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 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VII. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №1, с. 77–86.
8. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VIII. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №2, с. 70–78.
9. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IX. Российские рынки в преддверии реализации национальных проектов // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №3, с. 65–79.
10. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Облачные вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №8, с. 80–88.
11. 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.
12. 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.

Об авторе:

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