

Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков

Часть II. HPC-системы

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Внимание читателей предлагается вторая часть обзора систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*. Опубликованная в прошлом номере первая часть [1] дала старт очередному, уже шестому по счету, комплексному обзору, выходящему под уже привычной общей “шапкой”.

Во второй части актуализированная информация об интересующих нас сегментах компьютерного рынка распределена между следующими разделами (в скобках указана ссылка на недавнюю публикацию в предыдущем обзоре):

- 1) Объем рынка HPC (часть I [2]);
- 2) Пятилетний прогноз для рынка HPC (часть I [2]);
- 3) Структура рынка HPC, исходя из классификации HPC-систем по стоимости (часть I [2]);
- 4) Пятилетний прогноз изменения структуры рынка HPC, исходя из классификации HPC-систем по стоимости;
- 5) Классификация рынка HPC по областям применения HPC-систем (часть I [3]);
- 6) Классификация рынка HPC по географическим регионам, где применяются HPC-системы;
- 7) Основные финансовые показатели лидеров рынка HPC (часть I [2]);
- 8) Рынок HPC-систем как сегмент расширенного рынка HPC (часть I [2]);
- 9) Рынок HPC-систем как сегмент серверного рынка (часть I [2]).

В ходе изложения мы будем опираться, главным образом, на данные систематических рыночных исследований, опубликованных в открытой печати американской аналитической компанией *Hyperion Research* (<https://hyperionresearch.com>); её штаб-квартира находится в гор. Сент-Пол (шт. Миннесота).

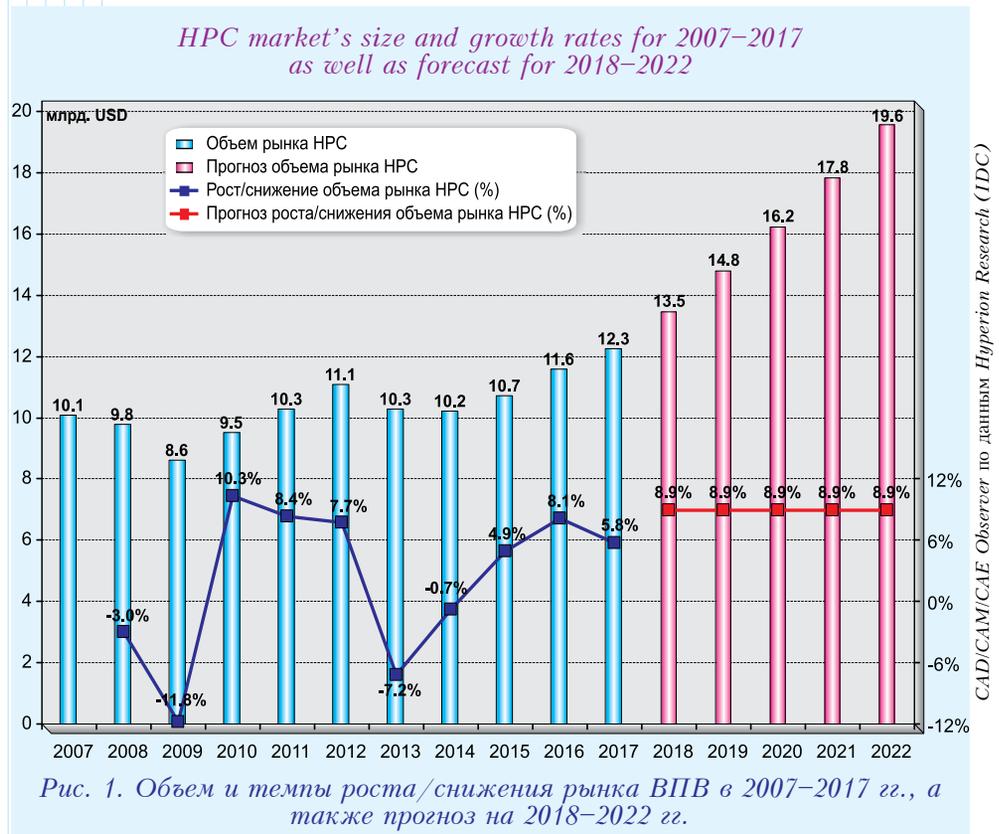
Напомним, что *Hyperion Research* образовалась на базе *HPC group*

компании *International Data Corporation* или *IDC* (www.idc.com), которая в составе материнской *International Data Group (IDG)* в январе 2017 года была приобретена китайскими инвестиционными компаниями *China Oceanwide Holdings Group Co.* и *IDG Capital*.

Таким образом, в представленных нами диаграммах будут сочетаться исторические данные компании *IDC* и, начиная с 2016 года, новейшая аналитика от *Hyperion Research*. Отметим, что новейшие данные по 2017 году и прогнозы до 2022 года были обнародованы на мероприятии *The 69th HPC User Forum*, проходившем с 16 по 18 апреля 2018 года в гор. Таксон (шт. Аризона).

1) Объем рынка HPC

По результатам 2017 года объем рынка HPC достиг 12.262 млрд. долларов (рис. 1), что означает увеличение на +5.8% по сравнению с 2016 годом, когда объем составил 11.595 млрд. (напомним, что в 2016 году был побит рекорд по объему рынка,



который продержался с 2012 года – 11.1 млрд. долларов). Темпы роста оказались несколько меньшими, чем в 2016 году, когда объем рынка увеличился на +8.1% в сравнении с 2015 годом (объем – 10.725 млрд.), но несколько большими, чем в 2015 году, когда объем рынка увеличился на +4.9% в сравнении с 2014 годом (объем – 10.2 млрд.).

Согласно данным аналитической компании *Hyperion Research*, объем рынка *HPC*-систем в 2017 году составил 12.262 млрд. долларов при росте +5.8% в сравнении с 2016 годом.

Напомним, что до этого рынок *HPC* два года подряд сжимался: в 2014 году (10.2 млрд. долларов) уменьшение по сравнению с 2013 годом составило -0.7%, а в 2013 году рынок сократился на -7.2% (до 10.3 млрд.) по сравнению с завоеваниями 2012 года (11.1 млрд.). Таким образом, в 2015 году вернулся тренд 2010–2012 годов. В 2012 году рынок вырос на +7.8% по сравнению с 2011-м; в свою очередь, в 2011 году рост был +8.4% – до 10.3 млрд. В 2010-м, первом посткризисном году, рынок *HPC* вырос на +10.3% в сравнении с 2009-м – до показателя 9.5 млрд. долларов.

До того как в 2010 году начался период роста, ситуация была обратной: объем рынка уменьшался. В кризисном 2009-м он ужался на -11.8% в сравнении с 2008 годом – до 8.6 млрд. И до этого, в 2008 году, объем рынка уменьшался, сумев достичь лишь показателя 9.8 млрд. – то есть -3% в сравнении с 2007-м (напомним, что в 2007 году *IDC* сделала переоценку объема рынка

по новой методике и получила цифру 10.1 млрд. долларов).

2 Пятилетний прогноз для рынка *HPC*

Опираясь на результаты 2017 года, аналитики компании *Hyperion Research* прогнозируют уверенный рост объема рынка *HPC* в течение пяти лет – до 19.6 млрд. долларов в 2022 году (рис. 1). Прогнозируемые темпы роста составляют +8.9%.

Напомним, что годом ранее (см. прошлогодний обзор [2]), прогноз был скромнее: рост объема рынка *HPC* – до 14.8 млрд. долларов в 2021 году, при среднегодовых темпах роста в течение пяти лет +5.4%. Согласно новейшему прогнозу, ожидаемый объем рынка в 2021 году составит 17.8 млрд. долларов.

3 Структура рынка *HPC*, исходя из классификации *HPC*-систем по стоимости

Компания *Hyperion Research* анализирует структуру рынка *HPC*, опираясь на унаследованную от *IDC* классификацию *HPC*-систем на основе их стоимости (в скобках даны оригинальные названия сегментов на английском языке):

- суперкомпьютеры (*Supercomputers*) имеют стоимость свыше 500 тыс. долларов;
- системы для крупных подразделений (*Divisional*) – от 250 до 500 тыс. долларов;
- системы для отделов (*Departmental*) – от 100 до 250 тыс. долларов;
- системы для рабочих групп (*Workgroup*) – до 100 тыс. долларов.

В 2017 году сегменты рынка *HPC* достигли следующих значений в денежном выражении (рис. 2): *Supercomputers* – 4.841 млрд. долларов; *Divisional* – 2.295 млрд.; *Departmental* – 3.370 млрд.; *Workgroup* – 1.756 млрд. долларов. В сравнении с 2016 годом увеличились сегменты *Supercomputers*, *Departmental* и *Workgroup*, тогда как сегмент *Divisional* уменьшился.

По результатам 2017 года рыночный пирог поделится между *HPC*-системами различной стоимости следующим образом (рис. 3):

- *Supercomputers* – 39.5%;
- *Divisional* – 18.7%;
- *Departmental* – 27.5%;
- *Workgroup* – 14.3%.

HPC market segments of HPC systems' price for 2014–2017 and forecast for 2022

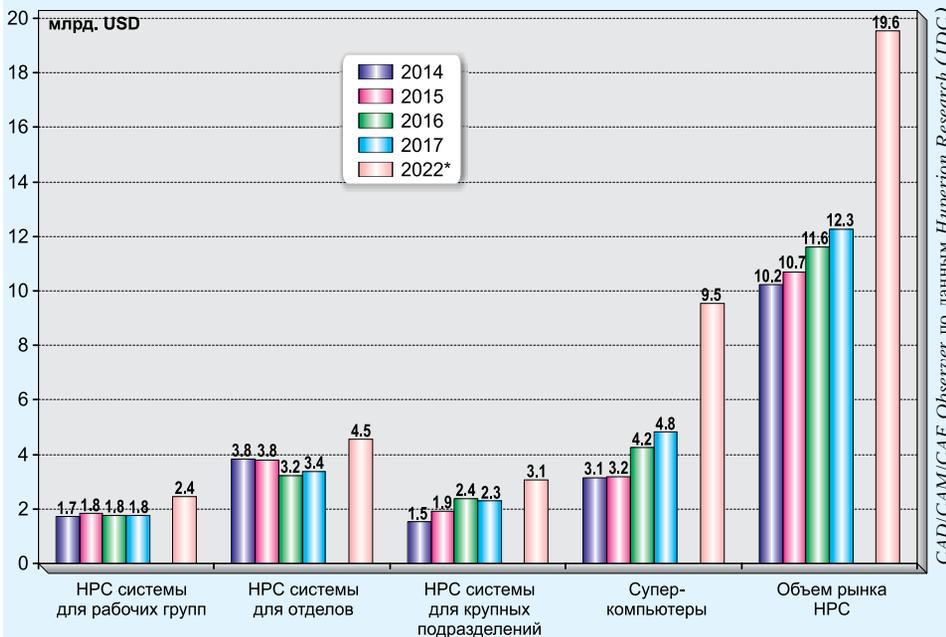


Рис. 2. Структура рынка ВПК в 2014–2017 гг. и прогноз на 2022 г. в разрезе стоимости систем ВПК

HPC market segments of HPC systems' price in 2017

Структура рынка HPC в 2017 году

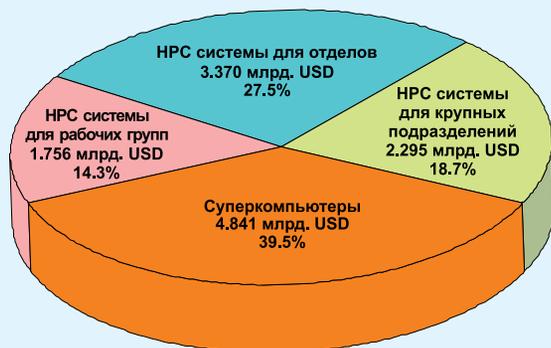


Рис. 3. Структура рынка ВПП в 2017 г. в разрезе стоимости систем ВПП

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

HPC market segments of HPC systems' price – forecast for 2022

Прогнозируемая структура рынка HPC в 2022 году

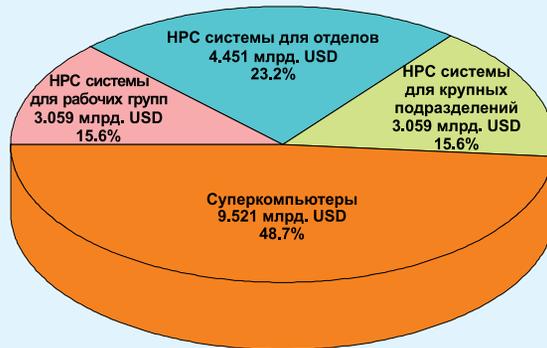


Рис. 4. Прогноз структуры рынка ВПП в 2022 г. в разрезе стоимости систем ВПП

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

Для сравнения вспомним, как выглядела картина в прошлом.

В 2016 году – 36.3%, 20.5%, 27.7% и 15.2% соответственно.

В 2015 году – 30.3%, 14.9%, 37.8% и 16.9%.

В 2014 году – 30.8%, 14.9%, 37.5% и 16.8%.

В 2013 году – 38.8%, 13.15%, 32.65% и 15.4%.

В 2012 году – 50.8%, 11%, 27% и 11.2%.

В 2011 году – 42.3%, 12.1%, 33.8% и 11.8%.

4 Пятилетний прогноз изменения структуры рынка HPC, исходя из классификации HPC-систем по стоимости

Аналитики компании *Hyperion Research* прогнозируют, что к 2022 году сегменты рынка HPC достигнут следующих значений в денежном выражении (рис. 3, 4): *Supercomputers* – 9.521 млрд. долларов; *Divisional* – 3.059 млрд.; *Departmental* – 4.541 млрд.; *Workgroup* – 2.436 млрд. долларов.

Таким образом, в период с 2017 по 2022 гг. ожидается почти двукратный рост объема сегмента *Supercomputers* – на +96.7%, объемы остальных сегментов вырастут “всего лишь” на треть или чуть больше: *Divisional* – на +33.3%; *Departmental* – на +34.7%; *Workgroup* – на +38.7%, а объем рынка HPC вырастет почти на три пятых (+59.6%).

Благодаря опережающему росту сегмента *Supercomputers*, к 2022 году рыночный пирог будет переделен в его пользу, и суперкомпьютерный сегмент займет почти половину (рис. 4):

- *Supercomputers* – 48.7%;
- *Divisional* – 15.6%;
- *Departmental* – 23.2%;
- *Workgroup* – 12.5%.

5 Классификация рынка HPC по областям применения HPC-систем

В соответствии с данными *Hyperion Research* для 2017 года (рис. 5, 6), большинство

суперкомпьютеров, на приобретение и эксплуатацию которых была затрачена самая значительная доля средств (общий объем рынка в 2017 году – 12.262 млрд. долларов), использовалось для поддержки следующих направлений:

- проведение перспективных исследований, финансируемых из госбюджета – 19.1% (в 2013 году – 19.9%);
- подготовка специалистов – 17.7% (в 2013 году – 18.4%);
- инженерный анализ проектируемых изделий – 11.1% (в 2013 году – 11.2%);
- оборонные разработки – 10.2% (в 2013 году – 9.8%);
- пионерские исследования в области биологии – 9.1% (в 2013 году – 10.4%).

На приобретение и эксплуатацию HPC-систем для нужд проектирования наукоемких и высокотехнологичных изделий различного назначения в 2017 году было затрачено 18.7% (в 2013 году – 18.2%), в том числе:

- для машиностроительного проектирования – 0.46%, или 0.056 млрд. долларов (в 2013 году – 0.59%, или 0.06 млрд.);
- для электронного и электротехнического проектирования – 7.19%, или 0.881 млрд. долларов (в 2013 году – 6.46%, или 0.665 млрд.);
- для проведения сложного инженерного анализа проектируемых изделий с применением передовых CAE-технологий – 11.1%, или 1.362 млрд. долларов (в 2013 году – 11.19%, или 1.152 млрд. долларов).

По данным *Hyperion Research*, объем рыночного сегмента суперкомпьютерных систем, использованных в 2017 году в качестве аппаратной поддержки PLM-технологий, составил 2.299 млрд. долларов, из которых 38.3% отводилось на применение EDA-систем и 59.2% – CAE-технологий.

Application & industry segments of HPC market for 2013 and 2017

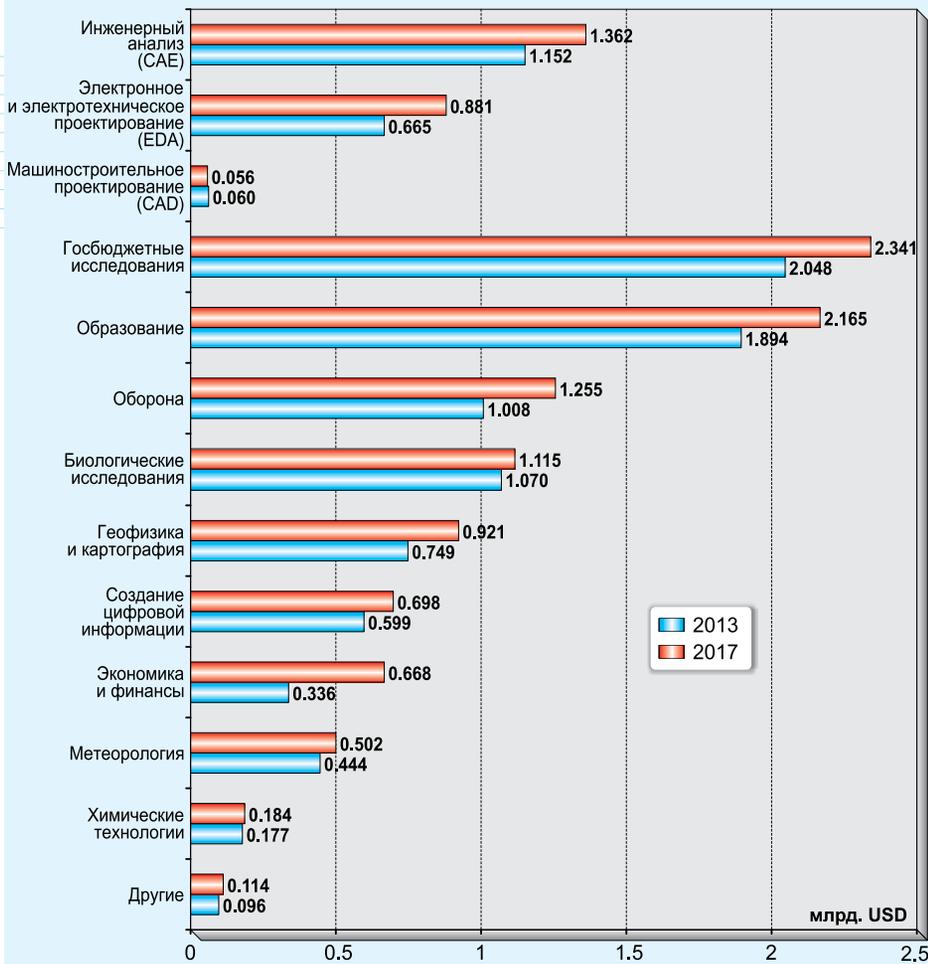


Рис. 5. Структура рынка ВВП в 2013 и 2017 гг. в разрезе применения систем

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research (IDC)

Для сравнения приведем данные IDC за 2013 год:

- аппаратная поддержка PLM-технологий – 1.877 млрд. долларов;
- применение EDA-систем – 35.4%;
- применение CAE-технологий – 61.4%.

6 Классификация рынка HPC по географическим регионам, где применяются HPC-системы

Географическая структура рынка HPC в 2017 году по данным Hyperion Research следующая (рис. 7, 8):

- Северная Америка – 45.63%, или 5.596 млрд. долларов (в 2016 году – 44.46%, или 5.155 млрд.);
- Европа, Ближний Восток, Африка – 29.53%, или 3.621 млрд. долларов (в 2016 году – 28.01%, или 3.247 млрд.);
- Азиатско-Тихоокеанский регион – 17.71%, или 2.171 млрд. долларов (в 2016 году – 19.71%, или 2.285 млрд.);
- Япония – 5.99%, или 0.735 млрд. долларов (в 2016 году – 6.64%, или 0.77 млрд.);

- остальной мир – 1.14%, или 0.139 млрд. долларов (в 2016 году – 1.18%, или 0.137 млрд. долларов).

Приведенные цифры, полученные аналитиками Hyperion Research на основе стоимостных характеристик HPC-систем, мы планируем сравнить в следующей части нашего обзора со статистикой географического расположения суперкомпьютеров, включенных в мировой рейтинг Top500. Причем данные могут быть отранжированы как по суммарному количеству инсталляций в соответствующем географическом регионе, так и по их суммарной производительности.

7 Основные финансовые показатели лидеров рынка HPC

Как мы уже не раз отмечали, высокая позиция в мировом суперкомпьютерном рейтинге Top500 (и даже “просто” попадание в первую десятку) является свидетельством технологического лидерства компании-суперком-

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

Application & industry segments of HPC market in 2017

Структура рынка HPC в 2017 году в разрезе применения систем



Рис. 6. Структура рынка ВВП в 2017гг. в разрезе применения систем

пьютеростроителя, однако совершенно не гарантирует ей высокого места при ранжировке по суммарной выручке от реализации HPC-систем.

Далее мы будем ссылаться на некоторые данные 50-го, юбилейного, списка *Top500*, опубликованного в ноябре 2017 года, немного забегая вперед. Подробному сравнению 50-го и ожидаемого 51-го списка (он будет обнародован на конференции *ISC High Performance*, которая пройдет во Франкфурте 24–28 июня 2018 года, уже после сдачи настоящего номера журнала в печать) будет посвящена следующая часть нашего обзора.

Что касается распределения мест в финансовом рейтинге рынка HPC от компании *Hyperion Research* (и ранее, от *IDC*), то диаграммы отражают радикальное изменение соотношения сил лидеров за последние четыре года (рис. 9, 10). Времена, когда безоговорочными фаворитами гонки были компании *HP* и *IBM*, которые в результате острой конкуренции постоянно менялись друг с другом “желтыми майками”, и вовсе канули в Лету.

1 Компания ***Hewlett-Packard Enterprise (HPE)*** завершила 2017 год с самым высоким результатом – **4.194 млрд. долларов** или 34.2% от всего объема мировых поставок HPC-систем. В 2016 году показатели были следующими: 4.014 млрд. долларов или 34.6%; в 2015 году – 3.845 млрд. долларов или 35.9%.

Результаты *HP* были наилучшими из всех и раньше, в 2014 и 2013 годах, до разделения компании на две части: 3.483 млрд. долларов (34.1%) и 3.344 млрд. долларов (32.5%) соответственно. До этого компания *HP* два раза заканчивала год со вторым по величине результатом: 2012 г. – 3.420 млрд. (30.8%), 2011 г. – 3.307 млрд. или 32.1%.

Напомним, что в 2017 году в финансовых результатах *HPE* уже учитывается выручка компании *SGI*, которая была приобретена за 275 млн. долларов (сделка завершилась 1 ноября 2016 года). *HPC*-выручка *SGI* в 2015 и 2016 годах была 279 и 175 млн. долларов соответственно, а в финансовом *HPC*-рейтинге 2016 года от *Hyperion Research* компания *SGI* занимала 8-е место.

Geographical segments of HPC market for 2016–2017

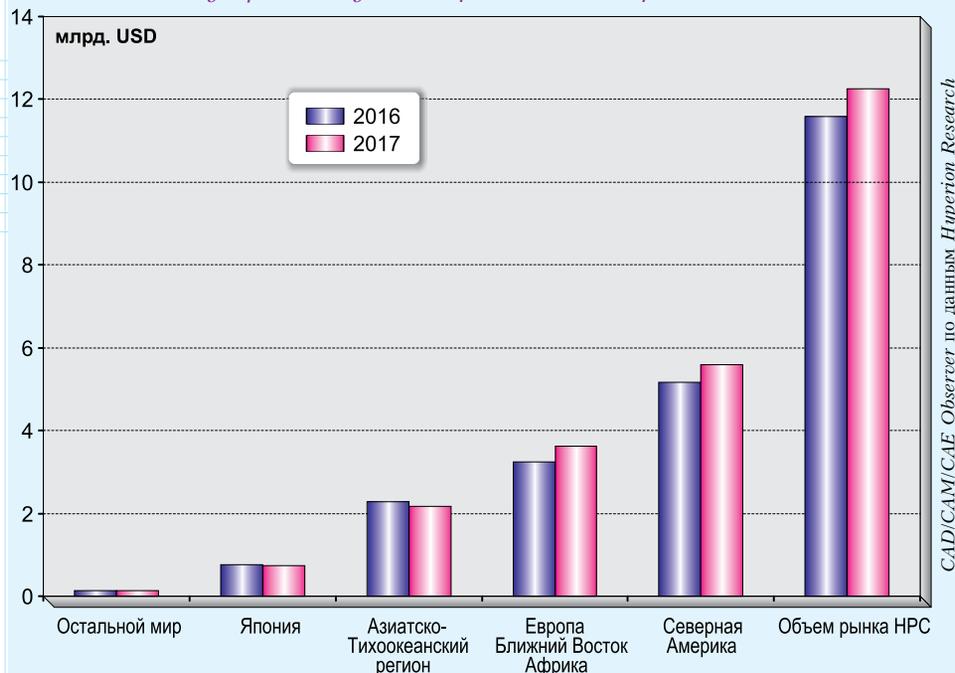


Рис. 7. Географическая структура рынка ВВП в 2016–2017 гг.

Компания *HPE* сохраняет лидерство по количеству HPC-систем в 50-м списке *Top500*, однако по их суммарной производительности подняться выше 2-го места ей пока не удастся – лидером по этому параметру остается компания *Cray*.

2 Компания ***Dell Technology*** (бренд был создан после объединения *Dell* и *EMC*) третий год подряд занимает 2-е место. В 2017 году её *HPC*-доходы составили **2.33 млрд. долларов** или 19% от всего объема рынка *HPC*,

Geographical segments of HPC market in 2017

Структура рынка HPC в 2017 году в разрезе применения систем

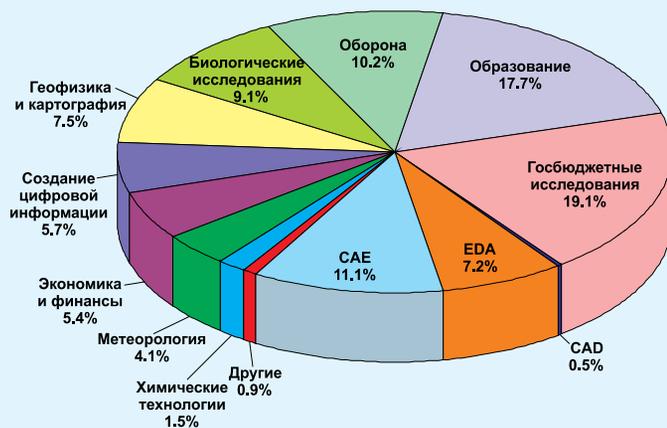


Рис. 8. Географическая структура рынка ВВП в 2017 г.

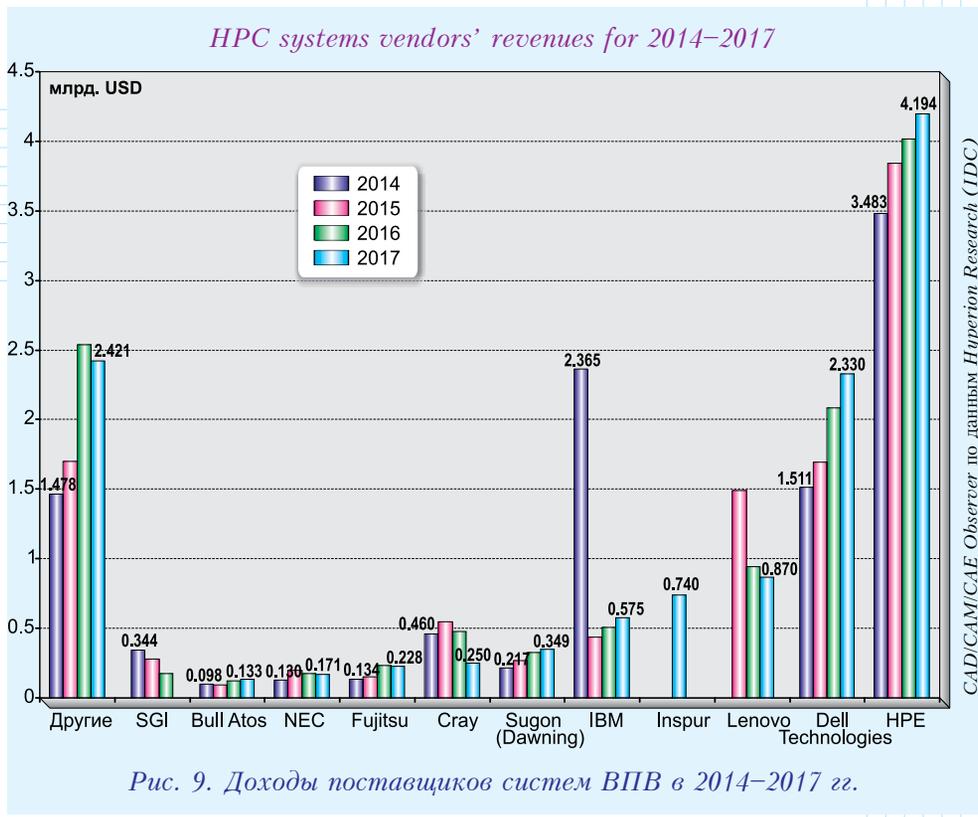


Рис. 9. Доходы поставщиков систем ВПП в 2014–2017 гг.

3 Компания **Lenovo**, которая приобрела у **IBM** часть бизнеса, относящегося к серверам на базе процессоров с системой команд **x86**, уже третий год подряд занимает 3-е место. В 2017 году её выручка от продажи **HPC**-систем составила **0.87 млрд. долларов** или 7.1% от всего объема рынка. Это немного меньше, чем в 2016 году (0.941 млрд. долларов или 8.1%) и значительно меньше, чем было в 2015-м – 1.493 млрд. долларов или 14%.

По количеству **HPC**-систем в 50-м списке **Top500** компания **Lenovo** находится на втором месте, а по их суммарной производительности – на четвертом.

4 Компания **Inspur Electronics** в 2017 году впервые появилась в финансовом рейтинге **Hyperion Research** и сразу заняла четвертое место со следующими результатами: выручка от продажи **HPC**-систем составила **0.74 млрд. долларов** или 6% от всего объема рынка.

В 50-м списке **Top500** компания **Inspur** занимает 3-е место по суммарному быстродействию и 5-е место по количеству **HPC**-систем. За полгода до этого результаты **Inspur** в предыдущем, 49-м списке оказались слабее: 6-е и 11-е места соответственно.

в 2016 году – 2.085 млрд. долларов или 18%, а в 2015 году – 1.697 млрд. долларов или 15.9%.

До этого **Dell** традиционно занимала 3-е место. Показатели в 2014 году – 1.511 млрд. долларов (14.8%); в 2013 году – 1.478 млрд. (14.4%); в 2012 году – 1.499 млрд. или 13.5%.

При этом по количеству **HPC**-систем в 50-м списке **Top500** компания **Dell** занимает всего лишь 9-е место, а по их суммарной производительности – только 11-е.

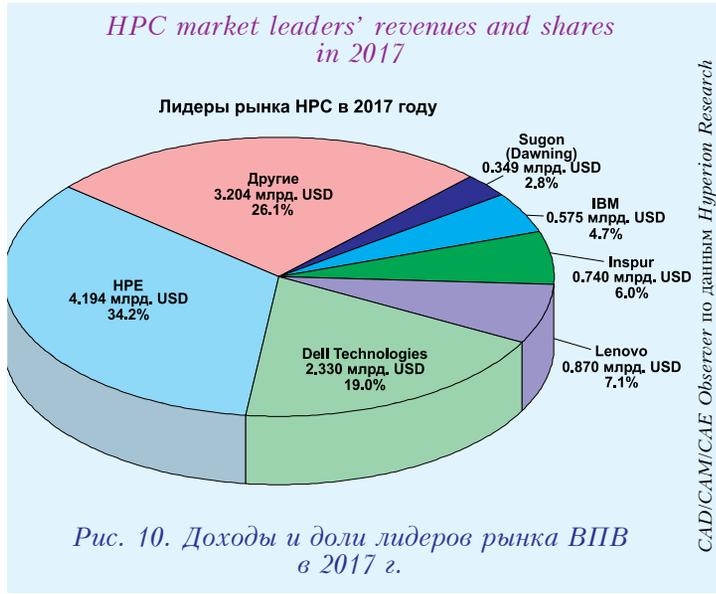


Рис. 10. Доходы и доли лидеров рынка ВПП в 2017 г.

5 Пятое место по **HPC**-доходам досталось компании **IBM**, которая в 2017 году заработала всего лишь **575 млн. долларов**, что равно 4.7% от всего объема рынка **HPC**. Год назад, в 2016-м, её заработок соответствовал 4-му месту – 509 млн. долларов (4.4% рынка), а два года назад, в 2015-м, также только 5-му месту – 434 млн. долларов (4.1% рынка).

А вот в 2014 году **IBM** занимала почетное 2-е место с 2.365 млрд. долларов (23.1% рынка) – при том, что этот показатель был почти на полмиллиарда ниже, чем в 2013 году, когда компания уступила 1-е место, хотя её доход в сфере **HPC** составил 2.856 млрд. долларов или 27.7% от всего объема этого рынка. До этого **IBM** два года подряд была на 1-м месте со следующими результатами: в 2012 году – 3.552 млрд. (32.0%), в 2011 году – 3.358 млрд. (32.6%).

В 50-м списке *Top500* компания *IBM* занимает 6-е место и по суммарному воздействию, и по количеству *HPC*-систем.

В заключение остановимся на показателях компании *Cray*. Несмотря на то, что в финансовом рейтинге она съехала на две позиции (с 5-го места в 2016 году на 7-е место в 2017-м), супервычислители от *Cray* продолжают лидировать в 50-м списке *Top500* по суммарной производительности – её обеспечивают *HPC*-системы, общее число которых соответствует 4-му месту.

Зарубочек компании *Cray* в 2017 году оказался наименьшим в период 2012–2017 гг.: **250 млн. долларов**, то есть 2% от общего объема рынка *HPC*. До этого, в 2016 году, выручка составила 477 млн. долларов (4.1% рынка); в 2015 году – 550 млн. (5.1%), в 2014 году – 459.9 млн. (4.5%), в 2013 году – 436.7 млн. (4.2%). При этом в 2012 году, после приобретения компании *Appro*, суммарный результат *Cray+Appro* достигал 465.4 млн. долларов.

8 Рынок *HPC*-систем как сегмент расширенного рынка *HPC*

Для реализации облачных технологий – например, создания центров обработки данных (ЦОД) – необходимо соответствующее аппаратное и программное оснащение:

Size and structure of broader HPC market in 2017 as well as forecast for 2022

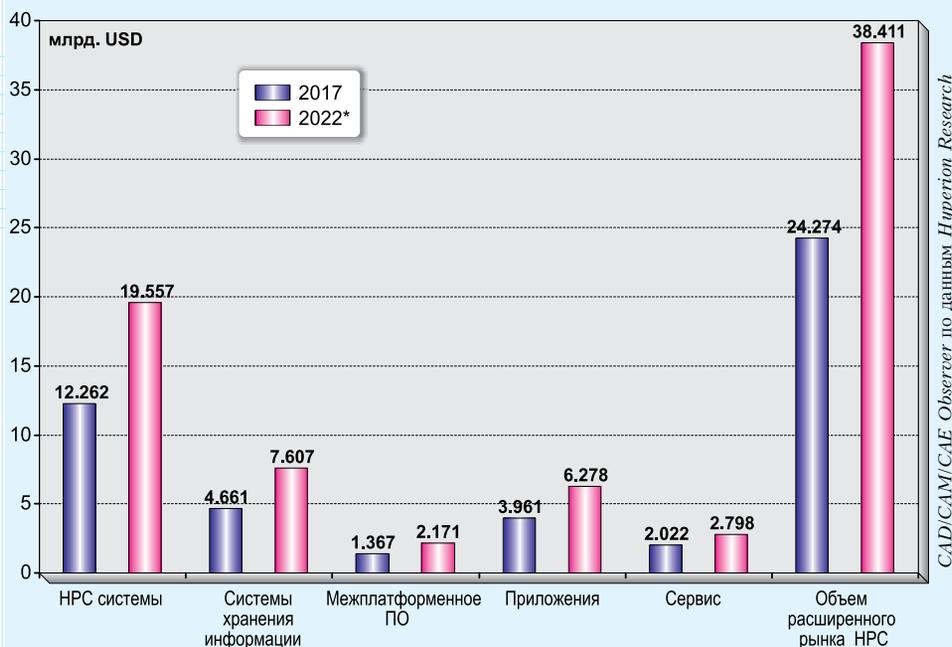


Рис. 11. Объем и структура расширенного рынка ВПВ в 2017 г., а также прогноз на 2022 г.

- *HPC*-системы (*Servers*);
- системы хранения информации (*Storage*);
- межплатформенное ПО (*Middleware*);
- приложения (*Application Software*);
- сервис (*Repair and Maintenance Service*).

Всё вышеописанное представляет собой структуру расширенного *HPC*-рынка (*Broader Market*). Такая классификация была предложена еще компанией *IDC*. Компания *Hyperion Research* решила придерживаться той же классификации.

В 2017 году объем расширенного рынка *HPC* составил 24.274 млрд. долларов (рис. 11). На

Structure of broader HPC market in 2017

Структура расширенного рынка HPC в 2017 году

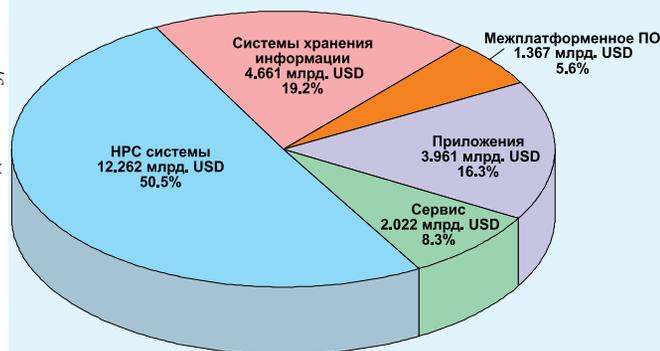


Рис. 12. Структура расширенного рынка ВПВ в 2017 г.

Structure of broader HPC market – forecast for 2022

Прогнозируемая структура расширенного рынка HPC в 2022 году

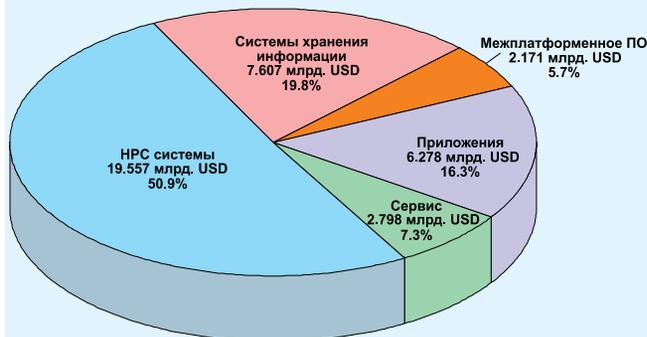


Рис. 13. Прогноз структуры расширенного рынка ВПВ в 2022 г.

долю *HPC*-систем приходится 12.262 млрд. долларов или чуть более половины (50.5%) этого объема (рис. 12).

В соответствии с прогнозом *Hyperion Research*, к 2022 году ожидается увеличение объема расширенного рынка *HPC* до 38.411 млрд. долларов (рис. 11), то есть в среднем примерно по +9.6% роста в год. Доля *HPC*-систем в 2022 году также будет составлять более половины (50.9%) – 19.557 млрд. долларов (рис. 13).

9 Рынок *HPC*-систем как сегмент серверного рынка

Динамика серверного рынка, сегментом которого является рынок *HPC*, показана на рис. 14 (см. также раздел 2 в первой части нашего обзора [1]).

В 2017 году на долю *HPC*-систем пришлось чуть меньше пятой части объема серверного

рынка – 18.82%. В 2016 году эта доля была чуть больше одной пятой – 21.16%. Для сравнения: в 2015 году она составляла 19.48%; в 2014 году – 20.07%; в 2013 году – 20.96%.

Напомним, что впервые доля *HPC*-систем превысила одну пятую в далеком 2012 году, достигнув значения 21.65%. Прежде, в период с 2007 по 2011 гг., она была несколько меньше – 18.28%, 18.34%, 19.98%, 19.74% и 19.8% соответственно.

Резюме

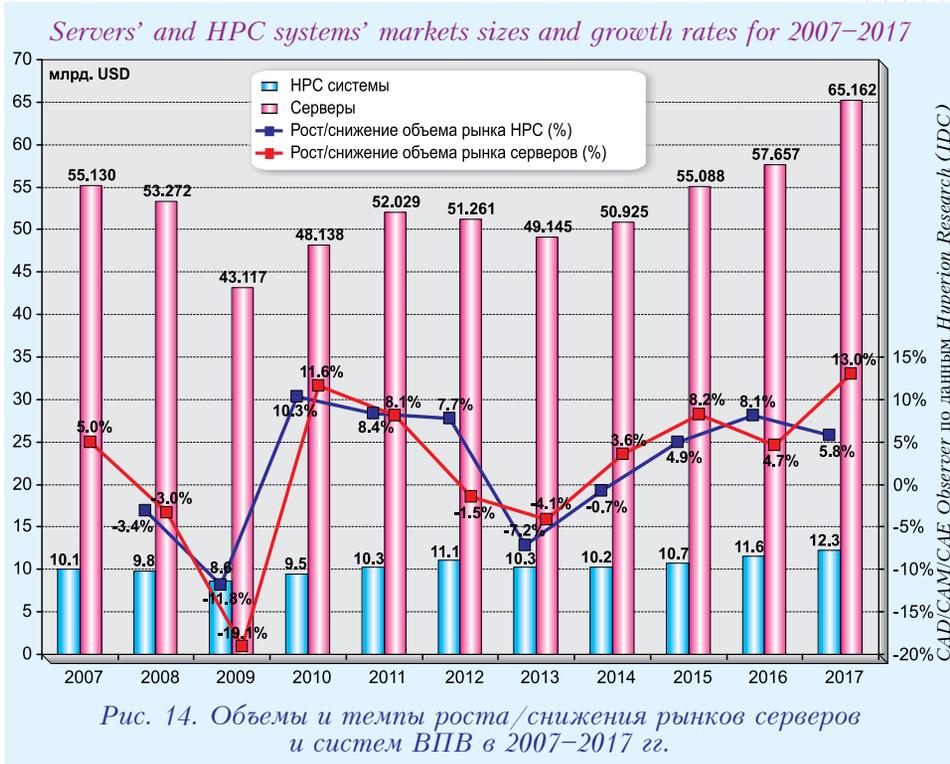
Итак, во второй части нашего обзора мы рассмотрели следующие рынки:

1) *HPC*-систем (лидеры – **HPE, Dell Technologies, Lenovo, Inspur Electronics, IBM**);

2) расширенный рынок *HPC*.

Чтобы представление о рынке *HPC* было достаточно полным, при подготовке обзоров мы традиционно обращаем пристальное

внимание не только на компании, выделенные полужирным шрифтом (кстати, эти же названия перечислены и в резюме к первой части настоящего обзора [1]), но и на компании, не входящие в пятерку лидеров финансового рейтинга. Среди них: американская компания *Cray*, китайская *Sugon (Dawning)*, японские компании *Fujitsu* и *NEC*, а также французская компания *Atos* (владеющая контрольным пакетом *Bull*). Все они занимают лидирующие позиции в разработке новейших моделей суперкомпьютеров, которые появляются в мировом рейтинге *Top500*, рассмотрению которого будет посвящена следующая часть нашего обзора. ☺



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 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. *HPC*-системы, серверы, облачная ИТ-инфраструктура // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №4, с. 6–15.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2014–2015 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Серверы, компьютеры, планшеты, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2015, №5, с. 63–76.

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).