

Системы высокопроизводительных вычислений: достижения 2008÷2009 годов

Сергей Павлов, Dr. Phys. (Observer)

sergey@cadcamcae.lv

Наш очередной, уже третий по счету, обзор достижений на рынке систем **HPC** (High-Performance Computing), или высокопроизводительных вычислений (ВПВ), включает в себя результаты двух новейших списков – 32-го и 33-го – мирового рейтинга суперкомпьютеров *Top500*, опубликованных в ноябре 2008 года и июне 2009 года. Кроме того, за время, прошедшее с предыдущей публикации автора на эту тему (см. статьи в [##7,8/2008](#), www.cadcamcae.lv/hot/HPC_Market_2007_n43_p81.pdf и www.cadcamcae.lv/hot/HPC_Market_2007_n44_p84.pdf), был обнародован и 10-й список российского *Top50* (март 2009 года).

Этот обзор затрагивает, вероятно, наиболее острый период мирового экономического кризиса – III и IV кв. 2008 года и I кв. 2009 года, – поэтому на этот раз мы подробнее, чем обычно, рассмотрим состояние серверного рынка и финансовые достижения “HPC-королей”. Отчасти это связано и с тем, что квартальные изменения доходов компаний-мультимиллиардеров в кризисный период сравнимы по порядку величины с выручкой от реализации систем **HPC**, составляющей не более 5% их общего годового дохода. А для аналитиков во время кризиса не является первоочередной заботой исследование “тонкой” структуры серверного рынка, от объема которого лишь только примерно пятая часть приходится на **HPC**-системы. Достаточно устойчивое по отношению к внешним возмущениям финансовое положение лидеров рынка при их миллиардных оборотах позволяет нам и в период кризиса не менять традиционный план нашего обзора, который начинается с показателей **HPC**-рынка.

Состояние мирового рынка HPC и серверного рынка

Рынок **HPC** уже десять лет, начиная с 1999 года, исследует американская аналитико-консалтинговая компания **IDC** (www.idc.com), на данные которой, доступные в открытой печати, мы и будем опираться при анализе.

Случилось так, что за период времени с начала 2008 года (что на самом деле является достаточно коротким “историческим” периодом для аналитических изысканий) компания **IDC** обнародовала целых три варианта показателей состояния **HPC**-рынка и прогнозов его развития, которые достаточно существенно отличаются друг от друга. Чтобы помочь читателю избежать путаницы, все три варианта сведены на [рис. 1](#), где они отмечены соответствующим числом звездочек. Разберем эту историю подробнее:

* Сначала, как обычно, **IDC** подвела итоги 2007 года. Объем рынка **HPC** составил 11.573 млрд. долларов. Предполагалось, что в 2008÷2010 гг. ежегодный рост будет достигать 9%. Вместе с историческими показателями, зафиксированными начиная с 1999 года, эти данные образуют единый массив, который, как выяснилось несколько позже, дальнейшего развития иметь не будет.

Three variants of HPC market size estimates from IDC company
 * HPC market size for 1999÷2007 and forecast for 2008÷2010 before IDC's estimation procedure refinement
 ** HPC market size for 2007 and forecast for 2008÷2012 after IDC's estimation procedure refinement and without taking into account the crisis
 *** HPC market size for 2007÷2008 and forecast for 2009÷2012 after IDC's estimation procedure refinement and with taking into account the crisis

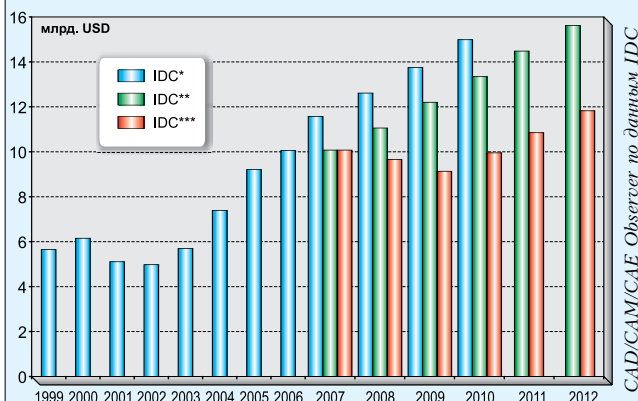


Рис. 1. Три варианта оценки рынка ВПВ от компании IDC:

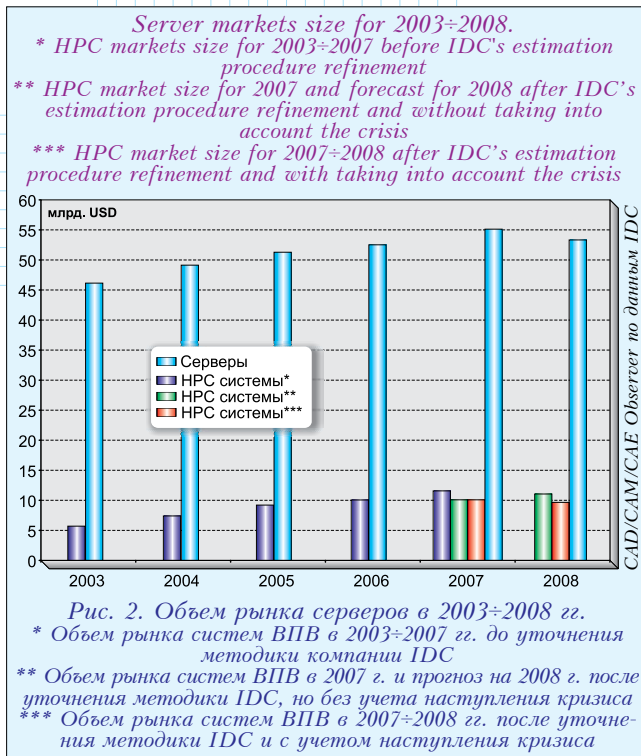
* объем рынка в 1999÷2007 гг. и прогноз на 2008÷2010 гг. до уточнения методики
 ** объем рынка в 2007 г. и прогноз на 2008÷2012 гг. после уточнения методики, но без учета наступления кризиса
 *** объем рынка в 2007÷2008 гг. и прогноз на 2009÷2012 гг. после уточнения методики и с учетом наступления кризиса

** Затем, в пресс-релизе **IDC** от 10 сентября 2008 года, где были приведены показатели рынка **HPC** за II кв. 2008 года, было сообщено, что компания усовершенствовала свой инструментарий и теперь может более точно определять долю **HPC**-сегмента в общем “пироге” серверного рынка. Это привело к пересмотру объема рынка **HPC** за 2007 год, который стал оцениваться в 10.076 млрд. Коррекции подверглись также среднегодовые темпы роста рынка до 2012 года, которые, вместо ранее опубликованных 9%, были оценены в 9.16%.

Это означает, что определяемый по уточненной методике **IDC** объем рынка в 2012 году должен был составить примерно 15.6 млрд. долларов, что в 1.55 раза больше, чем в 2007 году.

*** Еще раз подкорректировать оценки пришлось в связи с мировым финансовым и экономическим кризисом. Объем рынка **HPC** по результатам 2008 года снизился на 4.2% – до 9.653 млрд. долларов. В 2009 году прогнозируется снижение еще на 5.4% – до 9.132 млрд., но уже в 2010÷2012 гг. ожидается рост на 9% в год. При этом восстановление рынка после V-образной рецессии до достигнутого в 2007 году объема ожидается в 2011 году.

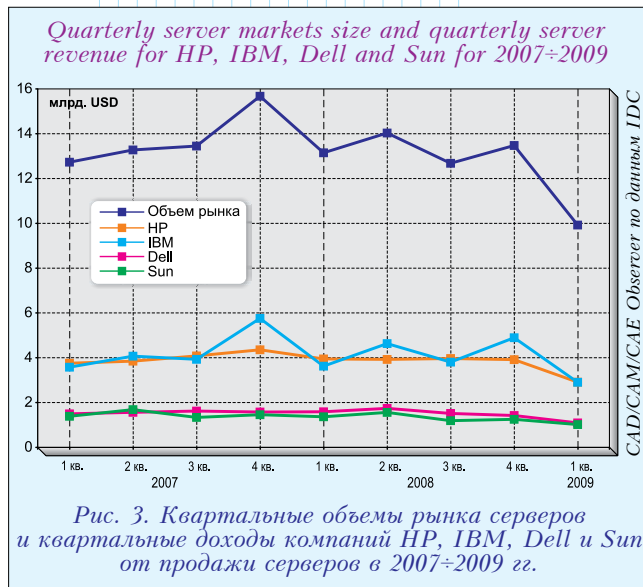
Рынок **HPC** является сегментом серверного рынка, динамика которого показана на [рис. 2](#). В 2008 году доля **HPC**-систем составила 18.1% от объема серверного рынка, что чуть меньше аналогичного показателя в



2007 году (18.3%). На рис. 2 приведены и все три варианта оценки компанией IDC рынка высокопроизводительных систем, однако расчет величины сегмента HPC в общем “пироге” серверного рынка будет корректен, по-видимому, только для новейших данных с “трехзвездочной выдержкой”.

Устойчивый рост серверного рынка в 2003÷2007 годах с 46.2 до 55.1 млрд. долл. (то есть на 19.5%) при среднегодовом приросте 4.9% (рис. 2) сменился падением: в 2008 году в результате кризиса объем серверного рынка снизился на 3.3% – до 53.3 млрд. долларов.

Падение проявилось уже в III кв. 2008 года (рис. 3), когда квартальный объем серверного



рынка снизился до 12.7 млрд., что на 5.7% меньше в сравнении с III кв. 2007 года. В IV кв. 2008 года, несмотря на достигнутый результат в 13.5 млрд., падение составило уже 14% в сравнении с IV кв. 2007 года. Ну а в I кв. 2009 года (когда, будем надеяться, был пройден пик кризиса), квартальная выручка упала до 9.9 млрд., что на 24.5% меньше показателя I кв. 2008 года.

На серверном рынке лидирует пятерка компаний-миллиардеров в следующем порядке (рис. 4):

- International Business Machines (далее – IBM, биржевой индекс – IBM, www.ibm.com);
- Hewlett-Packard (далее – HP, просьба не путать с аббревиатурой HPC; биржевой индекс – HPQ, www.hp.com);
- Dell (биржевой индекс – DELL, www.dell.com);
- Sun Microsystems (далее – Sun, биржевой индекс – JAVA, www.sun.com);
- Fujitsu, Ltd. (далее – Fujitsu, биржевой индекс – FJTSF.PK, www.fujitsu.com). При этом учитываются и результаты дочерней компанией – Fujitsu Siemens Computers, поскольку 1 апреля 2009 года Fujitsu выкупила все 50% акций, принадлежавших Siemens.

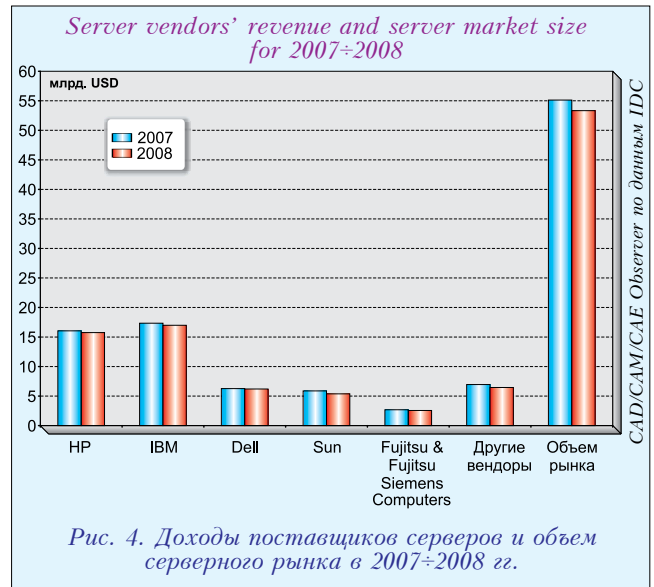
Первая по величине доля серверного рынка принадлежит IBM – в 2007-м и 2008-м годах она составляла 31.45% и 31.85% соответственно (или примерно 17.34 и 16.99 млрд. долл.).

На втором месте находится HP – в 2007-м и 2008-м годах доля компании составляла 29.10% и 29.35% соответственно (или примерно 16.04 и 15.75 млрд. долл.).

Бронзовым призером на серверном рынке является компания Dell – в 2007-м и 2008-м годах её доля оценивалась в 11.36% и 11.62% соответственно (или примерно 6.26 и 6.20 млрд. долл.).

Таким образом, три лидера – компании IBM, HP и Dell – в сумме имеют 38.94 млрд. и контролируют почти 3/4 серверного рынка (73.01%).

Четвертую позицию в 2007-м и 2008-м годах с долей 10.64% (5.89 млрд. долл.) и 10.08% (5.38 млрд.) занимает компания Sun.



Замыкает пятерку лидеров рынка серверов японская компания *Fujitsu* с долей в 2007-м и 2008-м годах в размере 4.85% и 4.81% соответственно (примерно 2.68 и 2.57 млрд. долл.).

Несмотря на спад серверного рынка во второй половине 2008 года, падение годовых показателей не является столь впечатляющим, как квартальных: выручка от продажи серверов у *IBM*, *HP* и *Dell* в 2008 году оказалась соответственно на 1.8%, 2.0% и 1.0% меньше, чем в 2007 году. У компаний *Sun* и *Fujitsu* потери существеннее – выручка *Sun* на серверном рынке упала на 8.4%, а *Fujitsu* – на 4.11%.

Что касается рынка *HPC*, то поквартальные данные за 2008 год для игроков этого рынка в полном объеме еще не опубликованы. Напомним, что и на рынке *HPC* миллиардерами является первая тройка лидеров серверного рынка – с той лишь разницей, что на первом месте здесь находится *HP*, а не *IBM*. В предыдущем обзоре мы уже упоминали, что **компания HP является лидером рынка HPC четвертый год подряд**, начиная с 2005 года. Хотя у *IDC* данные имеются только для первой половины 2008 года, можно с известной долей уверенности сказать, что за вторую половину 2008 года компания *HP* вряд ли утратила здесь свои лидирующие позиции.

Как мы видим, конкурентная борьба *IBM* и *HP* за серверный рынок в целом и за каждый его сегмент не прекращается.

Основные финансовые показатели лидеров рынка *HPC*

В соревновании двух бесспорных лидеров серверного рынка – *IBM* и *HP* – первое место в номинации “Наибольший годовой доход” удерживает компания *HP* (рис. 5). Второй год подряд доход *HP* превышает 100 млрд. долларов – в 2006, 2007 и 2008 годах компания заработала 94.1, 107.7 и 118.7 млрд. соответственно. (Приводимые данные пересчитаны для условного календарного года, который начинается 1 февраля, а завершается 31 января следующего года, поскольку финансовый год *HP* длится с 1 ноября по 31 октября следующего года.)

У компании *IBM* годовой доход впервые превысил 100-миллиардный рубеж в 2008 году, достигнув в 2006,

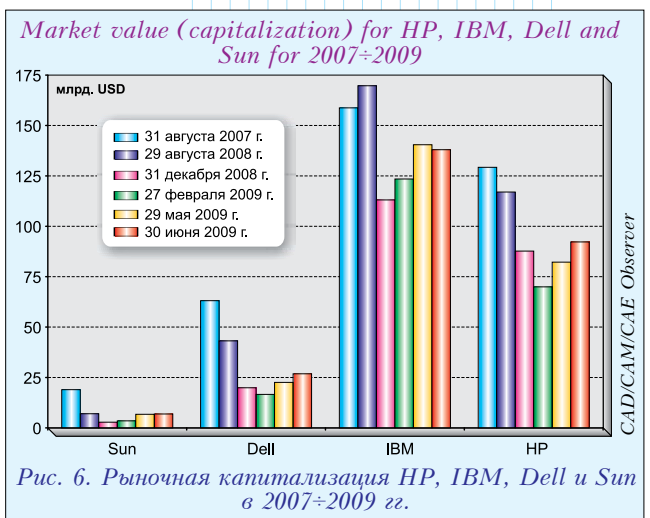
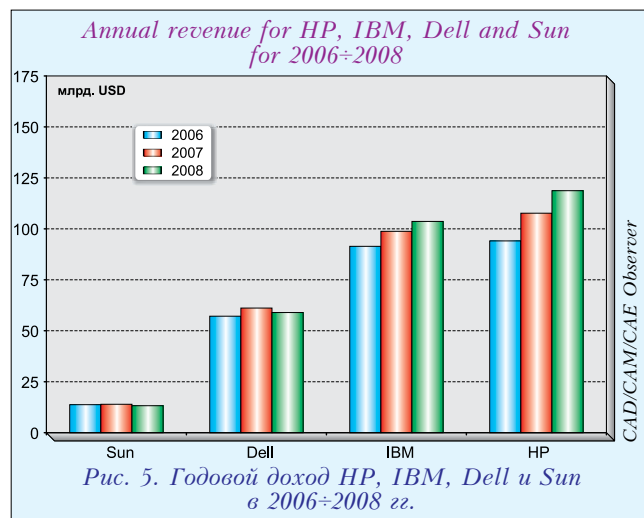
2007 и 2008 годах показателей 91.4, 98.8 и 103.6 млрд. долларов соответственно. Таким образом, серверный рынок возглавляется теперь двумя “супертяжеловесами”.

Если рассматривать компании *HP* и *IBM* с позиций их рыночной капитализации (рис. 6), то лидером является *IBM*. Этот важный показатель для *IBM* всегда – и в докризисные времена, и в период начала мирового экономического кризиса, и в его разгар – стабильно превышал цифру её годового дохода (рис. 5). Несмотря на то, что годовой доход у *HP* выше, чем у *IBM*, рыночная капитализация – меньше. Необходимо также отметить, что значение рыночной капитализации *HP* в нынешний кризисный период пока не поднималась выше цифры доходов компании за 2008 год.

О динамике рыночной капитализации при необходимости можно судить, зная текущие котировки акций компании и находящееся в обращении количество акций. За прошедшие с 3 января 2006 г. три с половиной года акции *IBM* достигали максимума – \$129.5 (24.07.2008), падали до минимума – \$70.04 (14.07.2006), а в период нынешнего кризиса минимум котировок составил \$70.98 (20.11.2008). У компании *HP* за этот период цена акций поднималась до \$52.67 (06.11.2007), а минимум был зафиксирован 09.03.2009 г. – 25.48 долларов.

Судить о том, насколько успешно идут дела у какой-то компании, можно, сравнивая динамику котировок её акций и сводного индекса *NASDAQ* (*NASDAQ Composite Index*). Напомним, что аббревиатура *NASDAQ* расшифровывается как *National Association of Securities Dealers Automated Quotations* – Автоматизированные котировки Национальной ассоциации дилеров по ценным бумагам. За последние три с половиной года минимальное значение *NASDAQ* – 1284.84 пункта – было зафиксировано 9 марта 2009 года (рис. 7). Есть надежда, что эта дата останется в истории как момент достижения максимальной глубины падения рыночных показателей в период кризиса...

Компании *HP* и *IBM*, являясь многоотраслевыми и многопрофильными, продемонстрировали достаточно хороший запас прочности, и им удавалось держать свою “ватерлинию” выше среднего для рынка уровня котировок акций, ну а последние три месяца, начиная с 9 марта 2009 года, акции компаний растут быстрее рынка.



HP, IBM, Dell and Sun stock price relative variations (in %) from January 3, 2006 till June 30, 2009 in comparison with stock price in January 3, 2006, when NASDAQ Composite Index reached value 2216.53, HP, IBM, Dell and Sun stock price – 27.95, 77.65, 30.61 and 17.28 USD accordingly

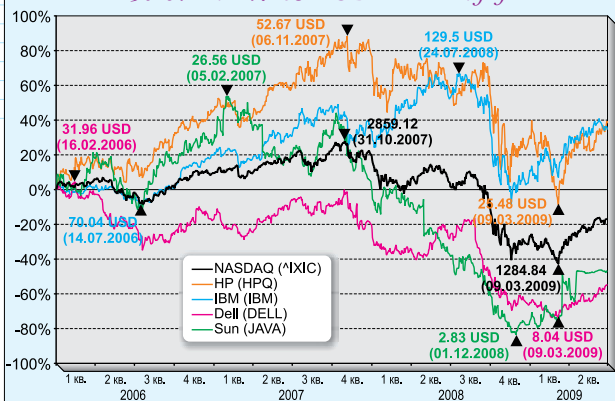


Рис. 7. Изменение (в %) котировок акций лидеров рынка – HP, IBM, Dell и Sun – в период с 3 января 2006 года по 30 июня 2009 года. На 03.01.2006 г. показатели были следующими: сводный индекс NASDAQ – 2216.53, цена акций – \$27.95, \$77.65, \$30.61 и \$17.28 соответственно

Насколько устойчива эта тенденция, можно будет судить уже по результатам II кв. 2009 года, которые покажут, удалось ли переломить тенденцию падения квартальной выручки (рис. 8). У компании IBM в IV кв. 2008 года доход в сравнении с IV кв. 2007 года упал на 6.4%, а в I кв. 2009 года – на 11.4% в сравнении с I кв. 2008 года. У компании HP в IV кв. 2008 года доход в сравнении с IV кв. 2007 года вырос на 1.2%, а в I кв. 2009 года – уменьшился на 3.2% в сравнении с I кв. 2008 года.

Минимальные темпы падения квартального дохода HP и двузначные темпы роста в 2008 году (на 10.24%, несмотря на кризис), объясняются увеличением дохода во втором полугодии в результате приобретения 13 мая 2008 г. компании *Electronic Data Systems (EDS)*; годовой оборот EDS в 2007 году составил 22.1 млрд. долларов. У конкурирующей компании IBM среднегодовой темп роста в 2008 году оказался значительно скромнее – 4.9%.

Quarterly revenue for HP, IBM, Dell and Sun for 2006÷2009

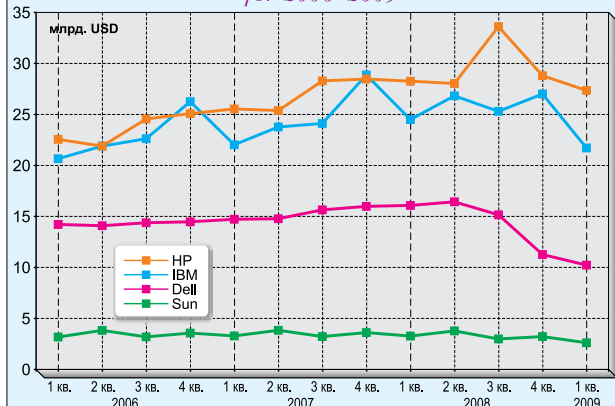


Рис. 8. Квартальные доходы HP, IBM, Dell и Sun в 2006÷2009 гг.

В заключение анализа основных финансовых показателей двух лидеров серверного рынка и рынка HPC приведем следующие цифры. Доля дохода от продажи серверов в годовом доходе для IBM в 2007 и 2008 годах составила соответственно 17.6% и 16.4%, а для HP – 14.9% и 13.27%. К сожалению, сделать аналогичным образом корректный расчет для рынка HPC мы не можем, поскольку “послекризисные” данные компании IDC, полученные с применением модифицированной методики, для 2007 и 2008 годов пока не опубликованы.

Анализ результатов Dell – компании №3 на серверном рынке – с использованием уже представленной иллюстративной информации предлагаем читателям сделать самостоятельно.

Немного задержимся на делах и показателях Sun. Её история как независимой компании началась в 1982 году. “Звездный час” для “солнечной” компании совпал с миллениумом, когда, в период расцвета “доткомов”, котировки её акций подскочили до небес (рис. 9), достигнув 01.09.2000 г. максимума в 257.26 долларов. Последние три года компания переживает не лучшие времена. На фоне практически неизменного годового дохода (13.8, 14.0 и 13.3 млрд. в 2006, 2007 и 2008 годах соответственно) акции Sun продемонстрировали практически 10-кратное падение: с \$26.56 на 05.02.2007 г. до

Stock historical chart for HP, IBM, Dell and Sun for 1999÷2009

(Dell's stocks transactions daily volume exceeded 224.51 million USD at 17.02.1999. Sun's stock transactions daily volume exceeded 162.23 and 780.39 million USD at 18.03.2009 and 20.04.2009 accordingly)

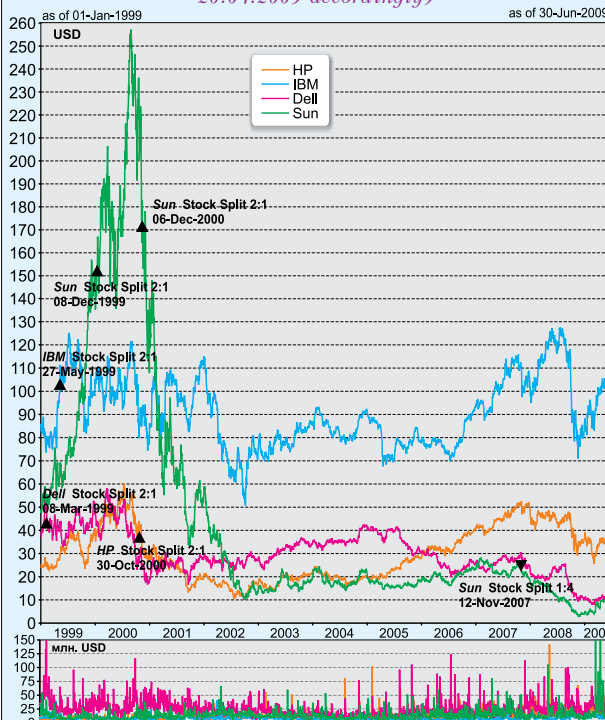


Рис. 9. Динамика котировок акций HP, IBM, Dell и Sun в 1999÷2009 гг.

(Дневной объем операций с акциями компании Dell 17.02.1999 составил 224.51 млн. USD. Дневной объем операций с акциями компании Sun 18.03.2009 и 20.04.2009 достиг 162.23 и 780.39 млн. USD соответственно)

\$2.83 на 01.12.2008 г. (рис. 7). Рыночная капитализация за 16 месяцев (рис. 6) упала с 18.9 млрд. (31.08.2007) до 2.8 млрд. (31.12.2008). В течение более полугода компания вела переговоры с возможными покупателями. С IBM не сошлись в цене, а 20 апреля 2008 года было объявлено о слиянии Sun с Oracle Corporation (биржевой индекс – ORCL, www.oracle.com). Сумма сделки оценивается примерно в 7.4 млрд. долларов (5.6 млрд. с учетом имеющейся у компании Sun наличности и долгов). Если Министерство юстиции США одобрит слияние (26 июня было объявлено, что изучение сделки с точки зрения соответствия антимонопольному законодательству будет продолжено), то Sun Microsystems, Inc. прекратит свое существование как независимая компания.

Комментирование этой сделки, которая претендует на звание “сделки века” для отрасли информационных технологий, выходит за рамки настоящей статьи. Отметим лишь меланхолично, что в следующем нашем обзоре игрок, выступающий под №4 на серверном рынке и рынке HPC, по всей вероятности, будет уже иным...

Еще одно узнаваемое имя на рынке серверов и HPC, как казалось, неминуемо уйдет в историю. Речь идет о Silicon Graphics, Inc. (сокращенно – SGI, биржевой индекс – SGIC, www.sgi.com), переживающей уже третье банкротство. Эту компанию за 25 млн. долл. решила приобрести компания Rackable Systems, Inc. (биржевой индекс – RACK, www.rackable.com), о чём было объявлено 1 апреля 2009 года. О завершении сделки покупатель сообщил 11 мая. А еще через неделю, 18 мая, стало известно, что Rackable Systems решила взять имя приобретенной компании, посчитав, что раскрученный бренд дорогого стоит... Таким образом, Silicon Graphics ушла, чтобы вернуться. Отныне на вопрос “Как Вас теперь называть?” последует ответ: Silicon Graphics International Corporation (сокращенно – SGI, биржевой индекс – SGI, www.sgi.com). Будем надеяться, что всё это вдохнет новую жизнь в бренд, созданный в далеком 1982 году легендарной в IT-крутах личностью по имени Jim Clark.

Лидеры мирового рейтинга суперкомпьютеров Top500

В июне 2009 года опубликован уже 33-й список мирового рейтинга суперкомпьютеров Top500 (www.top500.org).

С момента публикации первого списка в июне 1993 года с завидным постоянством дважды в год – в июне и ноябре – уже в течение 16 лет рейтинг извещает мир о новейших достижениях суперкомпьютерной отрасли. Чтобы читатели могли наглядно увидеть результаты за последние три года, на представленных ниже диаграммах сопоставляются данные последних семи списков (с 27-го по 33-й). Наш предыдущий обзор ограничивался результатами 31-го списка.

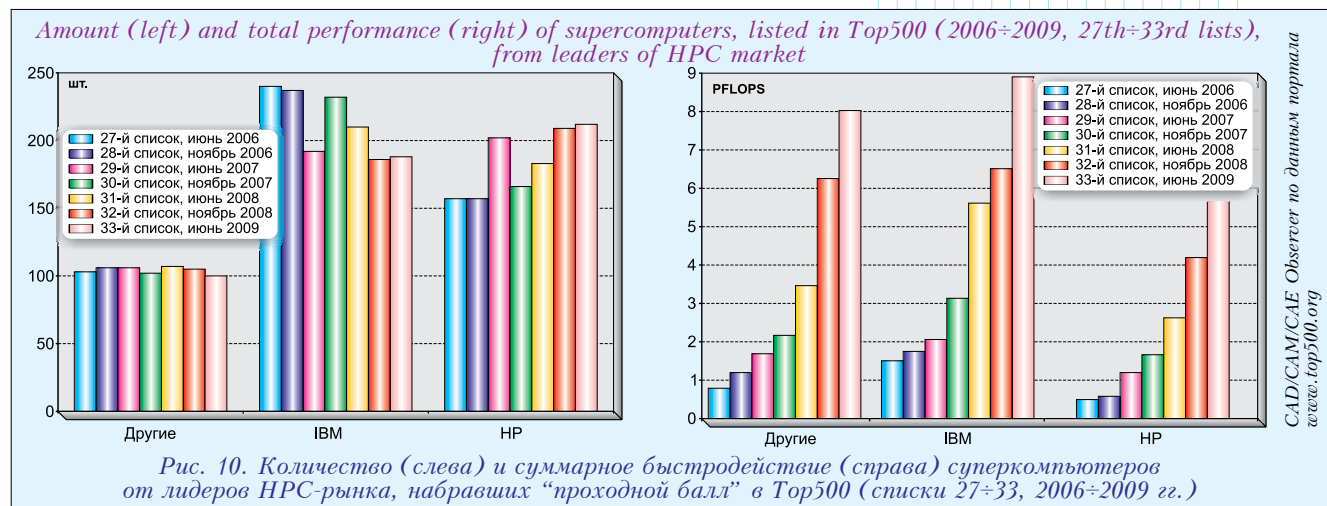
Начнем с традиционного напоминания. Сопоставляя позиции рейтинга Top500 и результаты анализа HPC-рынка (или, как в нынешнем обзоре, преимущественно серверного рынка), следует помнить, что при изучении рынка берутся данные за отдельно взятый финансовый год, тогда как в Top500 присутствует повторный счет.

Итак, в новейший 33-й список вошли: 256 систем (51.2%), инсталлированных в 2009 году; 194 системы (38.8%), введенные в эксплуатацию в 2008 году; 34 суперкомпьютера (6.8%), запущенных в 2007 году, а также 16 систем, которые трудятся, начиная с 2005÷2006 годов, и при этом всё еще набирают “проходной балл” для включения в рейтинг (в июне 2009 года он составил 17.1 TFLOPS).

В том, что попадающие в рейтинг Top500 суперкомпьютеры год от года “молодеют” можно убедиться, просмотрев аналогичные показатели годичной давности. По данным, относящимся к 31-му списку, введено в эксплуатацию: в 2008 году – 316 систем (63.2%); в 2007 году – 129 систем (25.8%); в 2006 году – 33 системы (6.6%); в 2002÷2005 гг. – 22 системы; “проходной балл” – 9 TFLOPS.

Компании HP и IBM с большим отрывом лидируют в мировом рейтинге суперкомпьютеров Top500, намного опережая своих ближайших конкурентов.

По количеству установленных суперкомпьютеров лидером в ноябре 2008 года и июне 2009 года является корпорация HP – 209 и 212 систем из пятисот; у IBM – 186 и 188 соответственно (рис. 10, слева). Таким образом, HP вернула себе лидерство по этому параметру, завоеванное в июне 2007 г., когда она впервые опередила IBM. Затем HP свое 1-е место утратила, и IBM, в свою очередь, лидировала по этому показателю в ноябре 2007 г. и июне 2008 г. На этот раз доля IBM и HP в



Implementation segments of supercomputers: amount (left) and total performance (right) of systems, listed in Top500 (2006÷2009, 27th÷33rd lists)

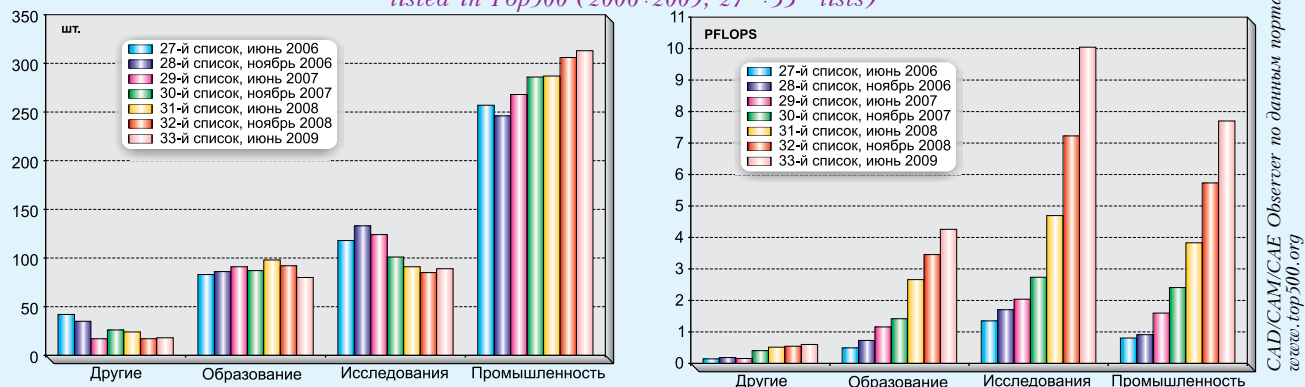


Рис. 11. Области применения суперкомпьютеров: количество (слева) и суммарное быстродействие (справа) систем, включенных в Top500 (списки 27÷33, 2006÷2009 гг.)

рейтинге Top500 достигла ровно 80%, так как на их счету значатся 400 из 500 инсталлированных систем.

По части суммарного быстродействия всех установленных систем бесспорным лидером Top500 является IBM (рис. 10, справа). В июне 2009 года этот показатель оказался равным 8.9 PFLOPS, что почти в 1.6 раза больше, чем зафиксированные год назад 5.6 PFLOPS. (Быстродействие измеряется количеством операций с плавающей точкой, выполняемых в секунду – **F**loating **p**oint **O**perations **P**er **S**econd или сокращенно **FLOPS**. Для сравнения быстродействия суперкомпьютеров используется текст LINPACK.) Компания HP отстала от IBM по этому важнейшему параметру в 1.57 раза – в июне 2009 года суммарная производительность суперкомпьютеров от HP равнялась 5.7 PFLOPS. За время, прошедшее с июня 2008 года, когда суммарная мощность систем от HP определялась цифрой 2.6 PFLOPS, она возросла примерно в 2.2 раза.

В этот раз доля IBM и HP в Top500 составляет почти 2/3 (64.5%) от суммарной производительности систем, включенных в новейший список рейтинга Top500.

Области применения систем ВПВ

Как следует из наших четырехлетних наблюдений, отражаемых в регулярных обзорах, **наибольшее количество суперкомпьютерных систем применяется в промышленности**. Причем с ноября 2006 года тенденция роста таких систем остается неизменной (рис. 11, слева). Следующие по численности за промышленностью группы – научные исследования и образование.

Если же рассматривать суммарную производительность суперкомпьютеров, то наибольшая величина этого параметра приходится на область научных исследований (рис. 11, справа), на 2-м и 3-м местах – промышленность и образование соответственно. Это означает, что **опережающими темпами развивается сектор, обеспечивающий перспективное развитие** всех отраслей, где будут востребованы суперкомпьютеры.

В группу “другие” на рис. 11 объединены области применения, которые не столь велики как по числу инсталляций, так и по суммарной производительности. Туда входят суперкомпьютеры, являющиеся объектом экспериментов, проводимых их создателями; системы,

Implementation segments of IBM and HP supercomputers: amount (left) and total performance (right) of systems, listed in Top500 (2007÷2009, 29th÷33rd lists)

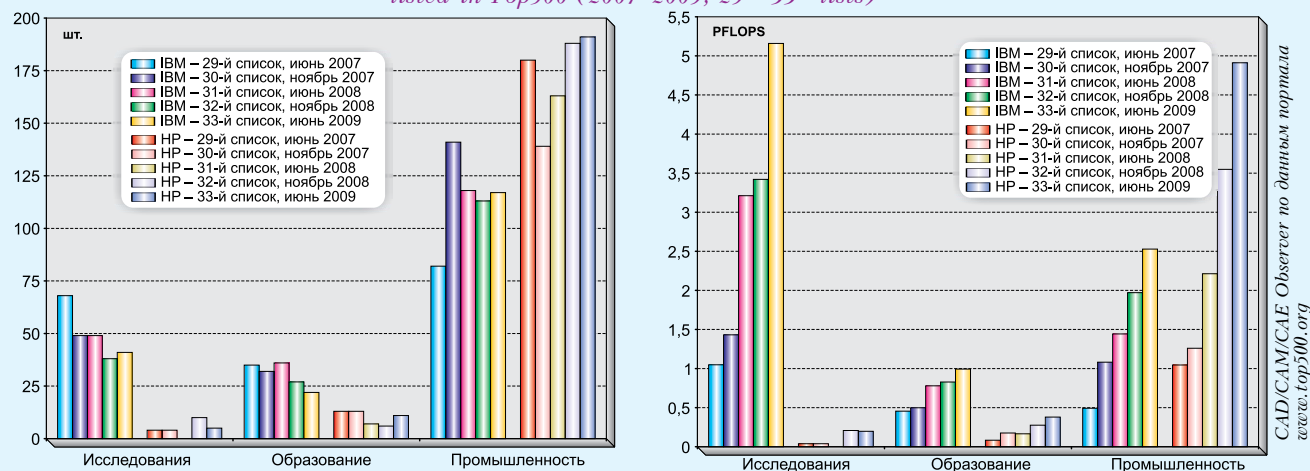


Рис. 12. Области применения суперкомпьютеров компаний IBM и HP: количество (слева) и суммарное быстродействие (справа) систем, включенных в Top500 (списки 29÷33, 2007÷2009 гг.)

применяемые для решения задач распознавания и классификации, а также для задач государственного управления.

Наибольшее количество суперкомпьютеров, созданных лидерами этого рынка – компаниями *HP* и *IBM*, – установлены в промышленности (рис. 12, слева). Здесь лидерство принадлежит *HP*.

По суммарному быстродействию установленные в промышленности системы с брендом *HP* превосходят системы от *IBM* (рис. 12, справа). “Голубой гигант”, в свою очередь, оказался вне конкуренции в тех областях применения суперкомпьютеров, которые обеспечивают приоритет в будущем развитии – это научные исследования и образование. Рекордная производительность айбизмовских супермашин базируется на пионерских исследованиях компании в сфере технологии создания процессоров и архитектуры систем высокопроизводительных вычислений.

Что касается информации об объемах сегментов *HPC*-рынка, относящихся к различным областям применения суперкомпьютеров, то она пока недоступна. С докризисными данными компании *IDC* можно ознакомиться в предыдущем обзоре. Публикацию подобной информации в будущем, по всей вероятности, следует ожидать тогда, когда рынок *HPC* пройдет период, соответствующий мировому экономическому кризису, и вырвется на траекторию восстановления потерянных объемов, а затем и дальнейшего развития.

Региональный срез рейтинга Top500

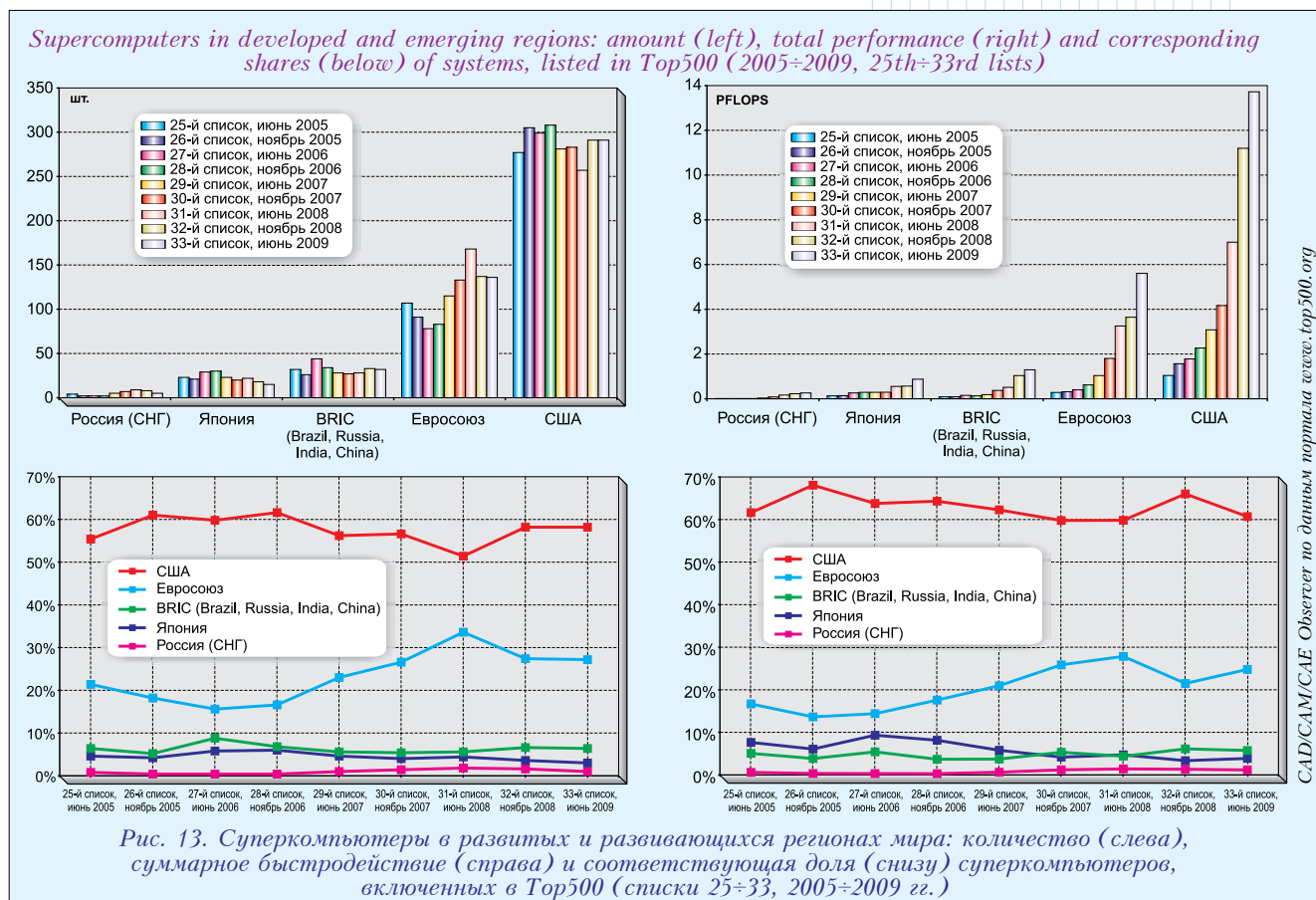
Введенный нами в предыдущих обзорах региональный табель о рангах включает США, Евросоюз, четыре наиболее быстро развивающиеся страны мира, объединенные аббревиатурой *BRIC* (*Brazil, Russia, India, China*), Японию, а также отдельно Россию (или СНГ, если какая-либо страна содружества появится в *Top500*).

Хотя радикальные изменения в распределении набравших “проходной” балл суперкомпьютеров по регионам не ожидаются, мы, чтобы попытаться отследить хоть какие-то тенденции в этой области, обобщили на рис. 13 данные рейтинга *Top500* за более длительный период – четыре последних года.

✓ США

Прошедший год подтвердил, что США занимают на рынке *HPC* прочные лидирующие позиции. Уже не первый раз приходится констатировать, что поколебать исторически сложившееся лидерство США в области информационных технологий пока не в состоянии ни один регион. В рейтинге *Top500* лидерство США неоспоримо прослеживается с самого первого списка.

Начиная с 31-го списка, уже в третий раз высшую ступеньку пьедестала *Top500* занимает суперкомпьютер *Roadrunner* (в переводе – калифорнийская бегающая кукушка) от *IBM*, вычислительная мощь которого в июне 2008 года впервые в мире перевалила рубеж в **1 petaFLOPS**. Теперь его быстродействие (1.105 PFLOPS) немного превышает показатель



1.059 PFLOPS, который принадлежит второму призеру этой гонки – *Cray XT5 Jaguar*, поднявшемуся на пьедестал в ноябре 2008 года.

Отметим, что 10 ноября 2008 года Министерство энергетики США (*U.S. Department of Energy*) несколько поторопилось объявить *Cray XT Jaguar* новым рекордсменом с быстродействием 1.35 PFLOPS. К нашему удивлению, в 32-м списке мирового рейтинга *Top500*, обнародованном неделей позже, 17 ноября 2008 года, модернизированный суперкомпьютер *Cray XT Jaguar* оказался расчлененным на два:

- вице-чемпион *Cray XT5 Jaguar*, вторым преодолевший заветный пета-рубеж;
- *Cray XT4 Jaguar* с быстродействием 205 TFLOPS, который в 31-м, 32-м и 33-м списках занимал соответственно 5-е, 8-е и 12-е места.

Вероятно, в качестве аргумента для такого решения составителям рейтинга послужил “архитектурный” признак (*XT5* и *XT4*), проявившийся впоследствии и в различном положении систем в списке “зеленых” суперкомпьютеров: соответственно 79-е и 117-е места в 4-м списке (ноябрь 2008 г.), а также 90-е и 135-е места в 5-м списке (июнь 2009 г.) рейтинга **Green500** (www.green500.org).

Интегральные результаты показаны на [рис. 13](#). На июнь 2009 года в США было размещено 58.2% или 291 система, набравшая “проходной” балл в *Top500*. Если брать последние четыре года, то пик “засилья” американских систем в *Top500* пришелся на ноябрь 2006 года – 308 систем (61.6%).

Суммарное быстродействие 291 системы, установленной в США на июнь 2009 года, составило 13.721 PFLOPS (60.7% от общего значения для *Top500*). Максимальная доля общего быстродействия пока приходится на ноябрь 2005 года: тогда 305 американских систем (61% общего числа из 26-го списка) обеспечивали 1.566 PFLOPS (68.1% общего быстродействия *Top500*).

✓ Евросоюз

Самый мощный в Европе на июнь 2009 года суперкомпьютер находится в исследовательском центре *Forschungszentrum Jülich* в городе Юлих (федеральная земля Северный Рейн – Вестфалия, Германия). Его в 2009 году построила компания *IBM* на базе модели *Blue Gene/P*. Система с быстродействием 825.5 TFLOPS в июне 2009 года заняла 3-е место в *Top500*. Так что не за горами тот день, когда быстродействие европейского лидера гонки супермашин перевалит за 1 PFLOPS.

Второй по быстродействию (274.8 TFLOPS) суперкомпьютер, замкнувший первую десятку *Top500*, был построен европейской компанией – а именно, французской *Bull* (www.bull.com). Эта система установлена там же, в исследовательском центре Юлиха.

За последние четыре года максимум числа установленных на территории Евросоюза суперкомпьютеров был достигнут в июне 2008 года – 168 систем (33.6%); минимум приходился на июнь 2006 года – 78 систем (15.6%).

Суммарное быстродействие возросло до 5.604 PFLOPS (24.8%) в июне 2009 года; минимум приходился на ноябрь 2005 года – 13.6% (314 TFLOPS).

В июне 2009 года на территории ЕС имелось в 2.14 раза меньше суперкомпьютеров, чем в США, а

суммарное быстродействие европейского парка уступало американскому в 2.45 раза.

Локомотивами Евросоюза в этой области являются страны, стабильно занимающие три первых места: Великобритания (44 системы), Германия (29) и Франция (23), на долю которых приходится 70.6% суперкомпьютеров из *Top500* на территории ЕС и 77.9% суммарного быстродействия. От 5 до 10 систем в 33-м списке *Top500* имеется у Австрии (5), Испании (5), Италии (6) и Швеции (10).

В июне 2009 года зафиксированы следующие высшие места суперкомпьютеров, установленных в каждой из стран ЕС (среди первых пятидесяти мест из *Top500*): 3-е место – Германия (быстродействие 825.5 TFLOPS, производитель *IBM*, инсталляция 2009 года), 20-е – Франция (128.4, *SGI*, 2008), 25-е – Великобритания (115.9, *IBM*, 2009), 30-е – Швеция (102.8, *HP*, 2007), 46-е – Италия (78.7, *IBM*, 2009), 49-е – Финляндия (76.5, *Cray*, 2009).

✓ BRIC

В июне 2009 года на долю аббревиатуры *BRIC* приходилось 6.4% супермашин (32 системы). Лидирует здесь Китай (21 система), на 2-м месте находится Индия (6 систем), на 3-м – Россия (5 систем), ну а солнечная Бразилия в новейшем *Top500* не представлена.

Год назад, в июне 2008 года, в странах *BRIC* имелось 28 систем (5.6%). Лидировал Китай (12 систем), на 2-м месте находилась Россия (9 систем), на 3-м – Индия (6 систем), на четвертом – Бразилия (1 система).

За последние четыре года доля *BRIC* достигала максимума в июне 2006 года (8.8%, или 44 системы), а минимума – в ноябре 2005 года (5.2%, или 26 систем).

По данным новейшего списка, в июне 2009 года доля суммарного быстродействия БРИКетных суперкомпьютеров (1.297 PFLOPS) равнялась 5.74% от общей. В предыдущем списке на ноябрь 2008 года эта доля достигла максимума – 6.1%, а собственно величина суммарного быстродействия впервые преодолела петафлопсовый рубеж и составила 1.035 TFLOPS.

В ноябре 2008 года произошло еще одно знаменательное событие: страны *BRIC* впервые обошли “Страну Восходящего Солнца” по суммарному быстродействию, и переместились на 3-е место по этому показателю; ранее это место они занимали только по числу установленных систем.

Минимум доли суммарного быстродействия суперкомпьютеров, работающих на территории стран *BRIC*, наблюдался в ноябре 2006 года – 3.68% или 151 TFLOPS.

В июне 2009 года для суперкомпьютеров из стран *BRIC* зафиксированы следующие высшие места в топе: 15-е место – Китай (быстродействие 180.6 TFLOPS, производитель *Dawning*, инсталляция 2008 года), 18-е – Индия (132.8, *HP*, 2008), 35-е – Россия (94.7, *HP*, 2009).

Важным этапом развития региона *BRIC* является публикация за прошедший год двух первых топов индийских суперкомпьютеров (topsupercomputers-india.iisc.ernet.in), а также ожидаемое в октябре 2009 года начало публикации рейтинга азиатских суперкомпьютеров (top500asia.small-servers.com). В него, помимо

индийских, войдут также и китайские системы, топ для которых впервые появился уже в 2007 году.

В 2010 году в Китае ожидается запуск в работу суперкомпьютера *Shuqiang-6000* с быстродействием в 1 PFLOPS на базе собственного четырехъядерного процессора *Godson-3*.

✓ Япония

В июне 2009 года 15 работающих на территории Японии систем из *Top500* демонстрировали четвертую по величине суммарную производительность – 873 TFLOPS (или 3.86%).

Год назад, в июне 2008 года, в Японии функционировали 22 системы из списка *Top500*. Тогда они обеспечивали третью по величине суммарную производительность – 551 TFLOPS (или 4.71%).

Рекордная доля этого показателя в *Top500* за последние четыре года составила 9.32% и была зафиксирована в июне 2006 года.

Самый высокопроизводительный японский суперкомпьютер из *Top500* в июне 2009 года занял 22-е место. Это давний знакомец – *Earth Simulator*, который с быстродействием 35.9 TFLOPS лидировал в *Top500* в 2002–2004 гг. После модернизации, которую провела в 2009 году компания *NEC*, его быстродействие возросло до 122.4 TFLOPS.

Не позднее 2011 года в Японии должна завершиться разработка суперкомпьютера нового поколения с быстродействием 10 PFLOPS, которая ведется компаниями *NEC*, *Fujitsu* и *Hitachi* по заказу научно-исследовательского института *RIKEN*.

✓ Россия

В июне 2009 года в рейтинге *Top500* Россия представлена пятью системами (или 1% всех систем), которые заняли 35-е, 54-е, 82-е, 223-е и 246-е места. Суммарное их быстродействие равно 262 TFLOPS (1.16% от общего). В ноябре 2008 года от России в рейтинг *Top500* были включены восемь суперкомпьютеров (или 1.6% всех систем), которые заняли 35-е, 54-е, 119-е, 129-е, 371-е, 433-е, 451-е и 483-е места. В сумме восемь систем выдавали 223 TFLOPS (1.31% от общего). Год назад, в июне 2008 г., в рейтинге *Top500* Россия впервые была представлена девятью системами (или 1.8% общего числа), которые заняли 36-е, 56-е, 169-е, 227-е, 252-е, 362-е, 372-е и 484-е места. Суммарное их быстродействие равно 165 TFLOPS (1.4% от общего).

Как видим, Россия закрепила в первом “полтиннике” самых мощных в мире суперкомпьютеров, занимая при этом 35-ю ступень в рейтинге. Впервые достаточно высокая позиция была достигнута в июне 2008 года: тогда 36-е место досталось суперкомпьютеру с быстродействием 47.17 TFLOPS, запущенному в 2008 году в Научно-исследовательском вычислительном центре (НИВЦ) МГУ им. М.В.Ломоносова (src.msu.ru) российской компанией *T-Платформы* (www.t-platforms.ru). В ноябре 2008 года 35-ю строку занял суперкомпьютер с быстродействием 71.28 TFLOPS, который в 2008 году в Межведомственном суперкомпьютерном центре Российской академии наук (МСЦ РАН) в Москве (www.jssc.ru) был модернизирован компанией *HP*. А в

июне 2009 года на 35-м месте оказалась система с быстродействием 94.74 TFLOPS, построенная компанией *HP* для российского поставщика услуг в сфере информационных технологий (*IT Service Provider*). Таким образом, **российский лидер ВПВ на сегодня уступает по быстродействию самому мощному компьютеру мира в 11.66 раза.**

Однако ожидается, что в будущем положение дел существенно улучшится. Недавно ведущий российский производитель суперкомпьютеров, компания *T-Платформы*, впервые участвовала в “Международной суперкомпьютерной конференции” (*International Supercomputer Conference – ISC*). Ежегодная, уже девятая по счету, конференция *ISC’9* прошла 23–26 июня 2009 года в Гамбурге (Германии); на ней и был представлен 33-й список рейтинга *Top500*. Судя по презентации компании *T-Платформы*, начаты работы по созданию суперкомпьютера для МГУ им. М.В. Ломоносова с быстродействием 500 TFLOPS, а также разработана платформа нового поколения *T-Blade 2*, на базе которой компания рассчитывает построить *петафлопсовый* суперкомпьютер.

Российский рейтинг суперкомпьютеров – Топ50

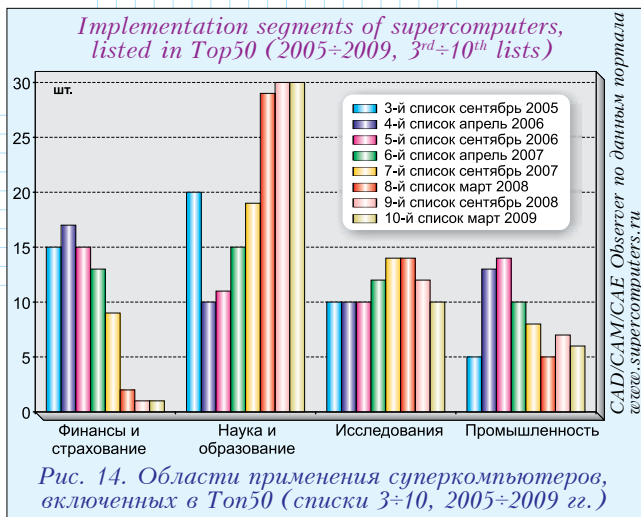
Российский рынок ВПВ бурно развивается. При практическом отсутствии данных о финансовом положении компаний, лидирующих на рынке, единственным показателем, позволяющим судить о росте рынка, остается суммарная производительность суперкомпьютеров, включенных в Топ50 (www.supercomputers.ru), который публикуется дважды в год.

За два года, с апреля 2007 года (6-й список) по март 2009 года (10-й список), суммарная производительность систем, включенных в российский рейтинг суперкомпьютеров Топ50, выросла больше, чем в 8 раз: с 46.77 до 382.58 TFLOPS. За последний год, с марта 2008 года (8-й список), рост оказался почти двукратным – с 197.10 до 382.58 TFLOPS.

За время, прошедшее между публикацией 33-го списка международного рейтинга *Top500* и 10-го списка российского рейтинга Топ50 (то есть с марта по июнь 2009 года), у российских суперкомпьютеров сменился лидер – эта система уже упоминалась в обзоре мирового *Top500*.

Быстро растет число установленных систем ВПВ, используемых в науке и образовании. За два года этот показатель увеличился в два раза – с 15-ти систем в апреле 2007 года до 30-ти в марте 2009 года (рис. 14). Таким образом, можно говорить о том, что, благодаря финансируемым государством программам, в России на новой технологической основе возрождаются ведущие вычислительные центры. Использование установленных в них суперкомпьютеров позволит радикально улучшить подготовку специалистов в этой важной сфере, а также существенно расширить спектр задач, решаемых в рамках фундаментальных и прикладных исследований.

Сегмент работающих в промышленности суперкомпьютеров с сентября 2008 года по март 2009 года уменьшился на одну систему (рис. 14) и теперь состоит из 6 систем (или 12%). Из Топ50 выбыл старый кластер предприятия НПО “Сатурн”, который в сентябре 2005 года с быстродействием



768 GFLOPS занимал 4-е место и был самым мощным суперкомпьютером, размещенным на промышленном предприятии (#6/2005). В этом сегменте по-прежнему лидирует кластер, инсталлированный в 2008 году в НПО “Сатурн” специалистами IBM в сотрудничестве с компанией КРОК (www.croc.ru). Быстродействие системы в 10.3 TFLOPS позволило ей занять в марте 2009 года 11-е место вместо 9-го места в сентябре 2008 г. Однако этот факт никак не повлиял на возможности суперкомпьютера как инструмента для инженерного анализа проектируемых на предприятии авиационных двигателей. ☺

По количеству инсталлированных систем, вошедших в Top50, среди производителей суперкомпьютеров лидируют (рис. 15, слева):

- российская компания Т-Платформы, которая построила 15 систем (по одной системе создано в сотрудничестве с Fujitsu Siemens, а также HP совместно с Supermicro);
- компания HP, на счету которой 11 суперкомпьютерных систем;
- корпорация IBM, на счету которой 9 систем (по одной системе построено в сотрудничестве с российскими компаниями КРОК и АйТи (www.it.ru)).

Если сравнивать суммарное быстродействие систем, то лидерами являются (рис. 15, справа):

- компания HP с показателем 155.45 TFLOPS;
- компания IBM, системы которой выдают на-гора 77.45 TFLOPS;
- бренд СКИФ – отмеченные им системы демонстрируют суммарное быстродействие 51.83 TFLOPS;
- компания Т-Платформы с показателем 39.81 TFLOPS.

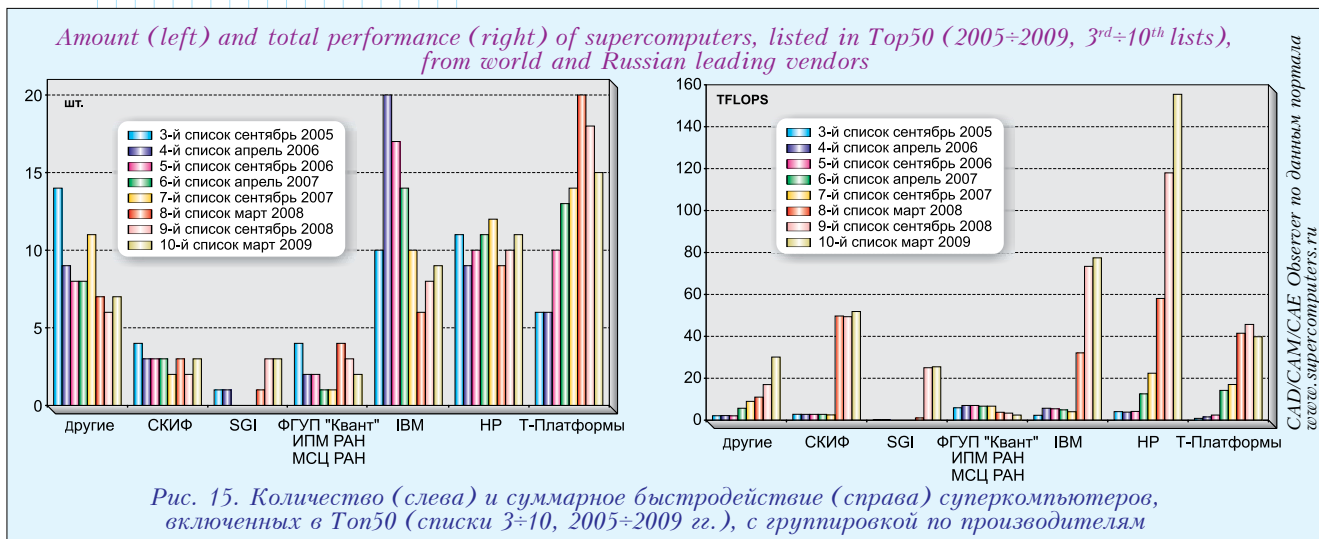
Обратим внимание читателей на противоречие в данных, представленных в российском Top50 и во всемирном Top500. Для суперкомпьютера, установленного в 2008 году в НИВЦ МГУ им. М.В.Ломоносова, в 8-м, 9-м и 10-м списках Top50 в качестве разработчика указывается СКИФ. Для того же самого суперкомпьютера, представленного в Top500, в качестве производителя (manufacturer) указана компания Т-Платформы (31-й список) или СКИФ/Т-Платформы (32-й и 33-й списки).

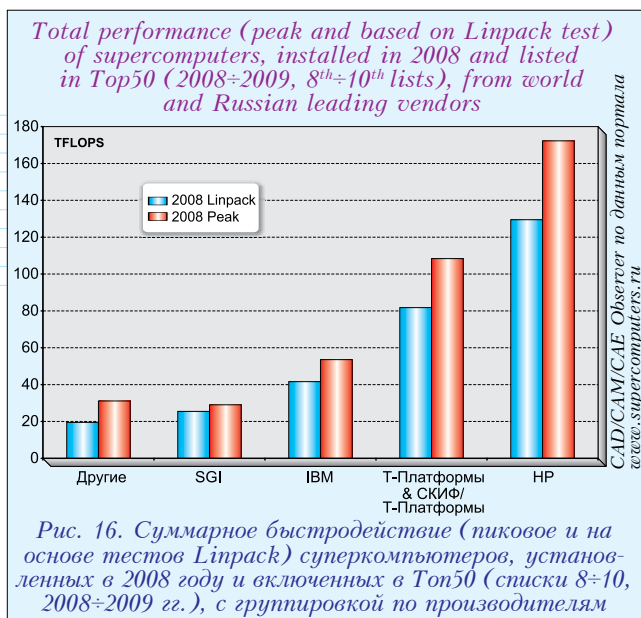
Аббревиатура СКИФ (Суперкомпьютерная инициатива “Феникс”) обозначает группу научно-исследовательских институтов и предприятий России и Беларуси, сотрудничающих в рамках одноименных проектов союзного государства. Ведущим производителем указанного выше суперкомпьютера выступила компания Т-Платформы, логотип которой просматривается на опубликованных в прессе фотографиях, где видны корпуса данного агрегата.

Поскольку мы в силах разрешить это противоречие, опираясь на имеющуюся информацию, проиллюстрируем диаграммой (рис. 16) распространенный компанией Т-Платформы комментарий о её втором месте на российском рынке, исходя из суммарной производительности инсталлированных систем. На ней “одной строкой” показаны системы, выпущенные компанией Т-Платформы и, так сказать, “объединенным” брендом СКИФ/Т-Платформы.

Перспективы российского рынка ВПВ

Поскольку российский рынок высокопроизводительных вычислений находится в стадии становления, неудивительно, что до настоящего времени систематических и подробных исследований не проводилось.

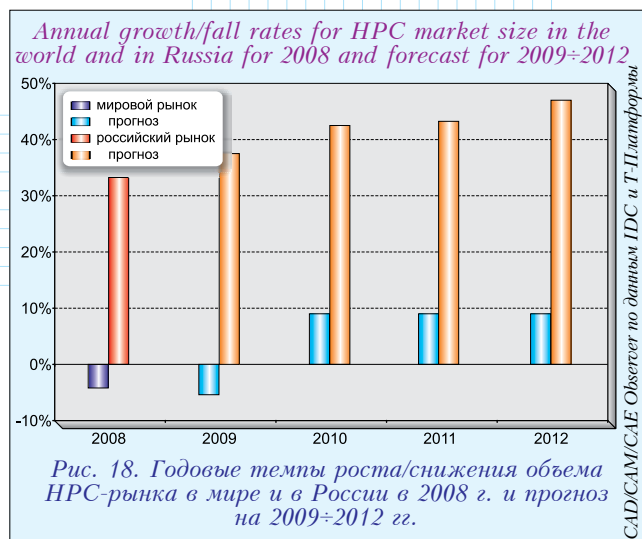
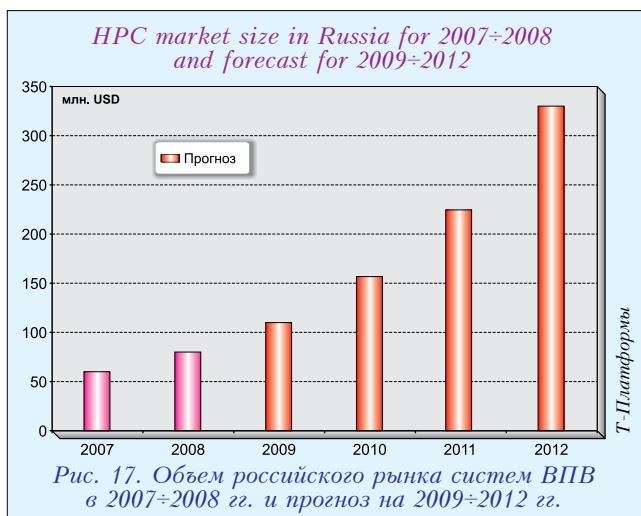




Отчасти это связано и с тем, что частные компании, работающие на нём, не спешат делиться своими финансовыми показателями в условиях, когда значительная доля выполняемых заказов выполняется в соответствии с государственными программами (которые, по различным оценкам, обеспечивают 85÷95% объема рынка). Для зрелых рынков (каким является, например, американский) характерно обстоятельство, что бюджетное финансирование составляет всего 5÷10% от их объема (хотя не исключено, что в период нынешнего кризиса эта цифра может и возрасти).

В этих условиях следует отметить опубликованные в конце июня 2009 года со ссылкой на компанию T-Платформы данные, характеризующие российский рынок ВПВ (рис. 17) за прошедшие два года бурного роста числа инсталляций и суммарной производительности суперкомпьютеров. В 2008 году объем рынка вырос на треть – до примерно 80 млн. долларов.

Темпы роста российского рынка ВПВ в 2009÷2012 годах ожидаются достаточно высокие: в кризисный



2009 год – порядка 35%, а затем с 2010 по 2012 года – порядка 45% в год (рис. 18). Если сей прогноз (на наш взгляд, крайне оптимистический) оправдается, то объем рынка в денежном выражении к 2012 году может достичь 300÷350 млн. долларов.

Небезынтересно также сравнить прогнозируемые темпы роста российского и мирового рынков HPC (рис. 18), которые в 2010÷2012 гг. отличаются примерно в 5 раз! Судя по всем этим данным, российская суперкомпьютерная отрасль, в отличие от мировой, совершенно не почувствует “дыхание” кризиса...

Приведем также некоторые цифры, которые позволят читателям самостоятельно оценить порядки величин интересующих их параметров – как для рынка в целом, так и для отдельного проекта (точные сметы, конечно, должны учитывать специфику каждого конкретного проекта). Итак:

- стоимость постройки суперкомпьютера с учетом инженерной инфраструктуры составляет по разным данным 150÷170 или даже 150÷200 тыс. долларов в расчете на 1 TFLOPS;
- энергопотребление находится в пределах 5÷8 kW на 1 TFLOPS (здесь оценки можно делать на основе данных о “зеленых” суперкомпьютерах в Green500);
- цена аренды суперкомпьютера по разным данным оценивается в 0.1÷0.5 доллара или 0.3÷0.5 евро в час в расчете на один процессор.

Следует также учесть, что стоимость лицензий ПО, ориентированного на параллельные вычисления, зависит от числа используемых процессоров.

Несмотря на то, что осуществление проекта, обеспечивающего появление суперкомпьютера с “астрономической” производительностью, потребует столь же астрономических финансовых затрат, по мнению экспертов, загвоздкой здесь, вероятнее всего, окажется не недостаток денег, а острый дефицит грамотных специалистов, способных эксплуатировать передовую вычислительную технику и решать с её помощью адекватные по постановке и сложности расчетные задачи.

При решении проблемы нехватки специалистов, как говорится, возможны варианты: например,

аутсорсинг в сфере инженерного анализа, или же применение параллельных вычислений, предлагаемых по запросу в качестве услуги на базе технологий *SaaS* (*Software-as-a-Servise*). Этой темы мы коснемся во II части нашего ежегодного обзора “Финансовый анализ рынка CAE-технологий в 2008 году”, который готовится к следующему выпуску журнала.

Исторические вехи покорения Олимпа быстродействия

В заключение обзора зафиксируем на нашем “историческом” графике (см. статью “Инженерный анализ на суперкомпьютере”, #5/2007, www.cadcamcae.lv/hot/CAE_HPC_n35_p87.pdf) те вехи на пути повышения быстродействия компьютеров, которые впервые в мире были достигнуты в 2008 году (рис. 19, табл. 1). Итак:

- июнь 2008 года – *IBM Roadrunner* перешагнул петафлопсовый рубеж (1.026 PFLOPS);
- ноябрь 2008 года – преодолен терафлопсовый рубеж для персонального суперкомпьютера *Cray CX1* с графическими процессорами *NVIDIA Tesla* (от 933 GFLOPS до 4 TFLOPS в зависимости от конфигурации).

Если через группу синих точек на рис. 19 провести прямую и продолжить её еще на 11 лет вперед, то, в соответствии с обобщенным законом Мура (*Gordon Earle Moore*), можно ожидать, что **человечество преодолеет следующий рекордный рубеж быстродействия – 1 exaFLOPS – примерно в 2019 году.**

К настоящему моменту подобную задачу перед собой поставили две ведущие национальные научно-исследовательские лаборатории США – *Oak Ridge National Laboratory* в городе Оук Ридж, штат Теннесси (www.ornl.gov) и *Sandia National Laboratories* в Альбукерке, штат Нью-Мексика (www.sandia.gov), которые объединили свои усилия и объявили о создании Института перспективных архитектур (*Institute for Advanced Architectures – IAA*).

Существенный шаг в этом направлении собирается сделать “голубой гигант” – к 2012 году суперкомпьютерный парк *Lawrence Livermore National Laboratory* в Ливерморе, штат Калифорния (www.llnl.gov) должен пополниться новой разработкой *IBM* под названием *Sequoia* с быстродействием 20 PFLOPS.

Табл. 1. Вехи на пути повышения быстродействия компьютеров в 1946÷2008 гг. и планы до 2020 г.

Компьютеры и суперкомпьютеры		
1946	ENIAC	5 kOPS
1961	IBM 7030 “Stretch”	1.2 MFLOPS
1985	Cray-2/8	3.9 GFLOPS
1997	Intel ASCI Red (9152)	1.338 TFLOPS
2008	IBM Roadrunner	1.105 PFLOPS
Персональные компьютеры (ПК)		
1981	IBM PC (Intel 8088)	330 kIPS
1985	PC (Intel 386)	1 MFLOPS
2006	PC (Intel Core 2 Duo)	1.3 GFLOPS
Персональные суперкомпьютеры (ПСК)		
2006	TyanPSC-600	256 GFLOPS
2008	Cray CX1 & NVIDIA Tesla	0.933÷4 TFLOPS
Планы разработки суперкомпьютеров		
2011	проект Hitachi-NEC-Fujitsu	10 PFLOPS
2012	проект IBM Sequoia	20 PFLOPS
2019	проект IAA	1 EFLOPS

Однако нам бы хотелось обратить внимание на событие, которое никак не будет отражено в *Top500*, но, по всей видимости, окажет существенное влияние не только на рынок *HPC* и систем инженерного анализа – речь идет о появлении персонального (настольного) суперкомпьютера с быстродействием более 1 TFLOPS.

За 25 лет после появления персонального компьютера для массового пользователя стали доступны многочисленные программы для обработки базовых видов информации – текстов, электронных таблиц, баз данных, мультимедийных файлов, потоковых данных из интернета и т.д.

Теперь достоянием массового пользователя станут программы для моделирования и симуляции. Направления применения ПО такого типа профессионалами – учеными и инженерами – достаточно очевидны: исследование и проектирование. Ну а для масс эти программы обещают стать инструментом познания окружающего мира, помочь в радикальном изменении качества обучения на различных ступенях образовательной системы. Насколько при этом изменится мир, можно будет судить лет через 25...

И, наконец, обратим внимание еще на одно важное событие. 28 июня 2009 года было объявлено, что под руководством профессора **Robert Schoelkopf** из *Yale University* в гор. *New Haven*, штат Коннектикут (США) впервые в мире был создан “в железе” процессор, реализующий принципы квантовой логики. Для работы кубитного чипа необходимо достижение сверхпроводящего состояния с использованием криогенной установки.

Как изменится информационная цивилизация через 50 лет после появления новой схемы? Об этом можно только гадать... Вполне вероятно, что мы стоим на пороге “информационных революций”, аналогичных тем, свидетелями которых стали после изобретения Джеком Килби в 1958 году первой интегральной схемы. ☼

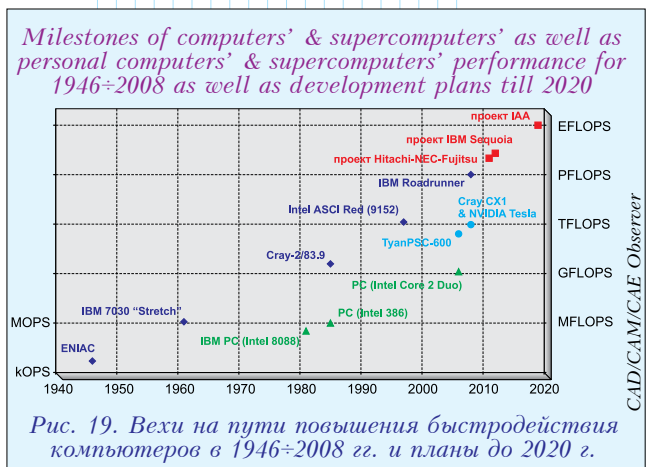


Рис. 19. Вехи на пути повышения быстродействия компьютеров в 1946÷2008 гг. и планы до 2020 г.