

# Системы высокопроизводительных вычислений: достижения 2007÷2008 годов

## Часть II. Региональный срез рейтинга Top500.

### Российский рейтинг Top50. Перспективные программы

(Окончание. Начало в #7/2008)

Сергей Павлов, к.ф.-м.н. (Observer)

sergey@cadcamcae.lv

#### Региональный срез рейтинга Top500

Региональный табель о рангах, который мы ввели в прошлогоднем обзоре, 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).

Два последних списка рейтинга Top500 не внесли радикальных изменений в распределение набравших “проходной” балл суперкомпьютеров по регионам.

#### ✓ США

На горизонте пока не просматривается ни один регион, способный в ближайшее время поколебать прочные лидирующие позиции США как в ИТ-отрасли в целом, так и на рынке HPC в частности. (Заметим в скобках, что, несмотря на то, что источником свирепствующего в настоящее время глобального финансового кризиса являются США, сам по себе кризис вряд ли сможет повлиять на расстановку сил.) К базовым достижениям американских ученых и инженеров, заложивших основу современной информационной цивилизации, теперь можно отнести и недавно установленный **новый мировой рекорд быстродействия** — 1 *peta-FLOPS*. Кроме того, компьютер-рекордсмен, занимает третью строчку в рейтинге “зеленых” систем, демонстрируя при этом рекордное быстродействие на единицу потребляемой мощности — 437.43 *MFLOPS/W*. Первые два места по этому показателю достались кластерам, удостоившимся 324-го и 464-го места в Top500. (На сайте [www.green500.org](http://www.green500.org) можно подробнее узнать о рейтинге самых эффективных с точки зрения энергопотребления суперкомпьютеров — Green500. Уже третий раз с ноября 2007 года он составляется на основе рейтинга Top500).

Лидерство США в ИТ-отрасли, которое проявляется, начиная с самого первого рейтинга Top500, отражено и в интегральных результатах за последние три года (рис. 12). На июнь 2008 года в США размещено 257 систем, набравших “проходной” балл, или 51.4%. Пик за последние три года приходится на ноябрь 2006 года — 308 систем (61.6%).

Суммарное быстродействие 257 систем, установленных в США на июнь 2008 года, составило 7000 *TFLOPS* (59.3% от общего быстродействия всего Top500). Пик пока приходится на ноябрь 2005 года: тогда 305 американских систем (61% списка №26) обеспечивали 1566 *TFLOPS* (68.1% общего быстродействия).

#### ✓ Евросоюз

За последние три года число установленных на территории Евросоюза суперкомпьютеров возросло со 107 систем (21.4% списка) в июне 2005 года до 168 систем (33.6%) в июне 2008 года, причем минимум доли ЕС в рейтинге Top500 приходился на июнь 2006 года — 78 систем (15.6%).

Суммарное быстродействие возросло с 281 *TFLOPS* (16.7%) в июне 2005 года до 3258 *TFLOPS* (27.8%) в июне 2008 года, причем минимум доли в рейтинге Top500 приходился на ноябрь 2005 года — 13.6% (314 *TFLOPS*).

В июне 2008 года в ЕС было установлено почти в полтора раза меньше суперкомпьютеров, чем в США, а суммарное быстродействие европейского “парка” уступало американскому больше, чем вдвое (в 2.15 раза).

Тем не менее, с июня 2006 по июнь 2008 года отставание Евросоюза от США по числу установленных систем сократилось в 2.51 раза; отставание по суммарному быстродействию с ноября 2005 по июнь 2008 года сократилось в 2.32 раза.

Таким образом, в количественных показателях наблюдаются положительные для ЕС тенденции в соревновании с США, которые свидетельствуют о приоритетном характере инвестиций Евросоюза в область суперкомпьютерных вычислений. Однако необходимо отметить, что и члены ЕС по отдельности, и ЕС в целом, не располагают пока необходимой для конкуренции с США базой для производства суперкомпьютеров и отдельных блоков к ним. Сейчас Евросоюз по существу является ведущим рынком сбыта американских суперкомпьютеров. Учитывая, что объемы исследований в этой области в ЕС и в США отличаются, как минимум, на суммарный размер бюджетов, который отводят на R&D (*Research & Development*) лидеры рынка HPC и процессоров, можно констатировать, что стратегическое лидерство США удерживают прочно.

Изменение ситуации, по-видимому, зависит от локомотивов Евросоюза в этой области, стабильно занимающих три первых места: Великобритании (53 системы), Германии (46) и Франции (34), на долю которых приходится почти  $\frac{4}{5}$  суперкомпьютеров из Top500, установленных на территории ЕС, и чуть больше  $\frac{3}{4}$  суммарного быстродействия. В разное время в списках Top500 было представлено от 5 до 10 систем, работающих в Швеции, Испании, Италии, Нидерландах, Финляндии. С июня 2007 по июнь 2008 года в Top500 появились

и страны, принятые в ЕС не так давно: Польша (3 системы), Словения (1), Кипр (1).

В июне 2008 года зафиксированы следующие высшие места (среди первых пятидесяти) для суперкомпьютеров из стран ЕС: 6-е – Германия (быстродействие 180 *TFLOPS*, производитель *IBM*, инсталляция 2007 года), 9-е – Франция (112.5, *IBM*, 2008), 11-е – Швеция (102.8, *HP*, 2007), 18-е – Великобритания (80.32, *IBM*, 2008), 26-е – Испания (63.83, *IBM*, 2006), 45-е – Польша (28.17, *ACTION*, 2008).

### ✓ BRIC

За последние три 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). В июне 2008 года на долю *BRIC* приходилось 5.6% (28 систем). Лидерство удерживает Китай (12 систем), на 2-м месте находится Россия (9 систем), на 3-м – Индия (6 систем), на четвертом – Бразилия (1 система). Россия поднялась с четвертого места в июне 2005 года на второе в июне 2008 года.

Максимум доли суммарного быстродействия суперкомпьютеров, работающих на территории стран

*BRIC*, достигался в июне 2006 года – 5.41%, или 89 *TFLOPS*. Минимум (3.68% или 151 *TFLOPS*) наблюдался в ноябре 2006 года. В июне 2008 года этот показатель равнялся 4.37% (или 511 *TFLOPS*). Пока приходится констатировать, что суммарные показатели четырех быстро развивающихся стран (которые в июне 2008 года заняли 3-е место по числу инсталлированных систем, но по суммарному быстродействию уступают “Стране Восходящего Солнца”) весьма скромны.

В июне 2008 года для суперкомпьютеров из стран *BRIC* зафиксированы следующие высшие места в топе: 8-е – Индия (быстродействие 132.8 *TFLOPS*, производитель *HP*, инсталляция 2008 года), 36-е – Россия (47.17, СКИФ и Т-Платформы, 2008), 111-е – Китай (18.6, *IBM*, 2007), 138-е – Бразилия (16.24, *Dell*, 2008).

### ✓ Япония

В июне 2008 года 22 работающие на территории Японии системы из *Top500* демонстрировали третью по величине суммарную производительность – 551 *TFLOPS* (или 4.71%). Рекордная доля этого показателя в *Top500* за последние три года составила 9.32% и была зафиксирована в июне 2006 года.

*Supercomputers in developed and emerging regions: amount (left), total performance (right) and corresponding shares (below) of systems, listed in world Top500 (2005÷2008, 25<sup>th</sup>-31<sup>st</sup> lists)*

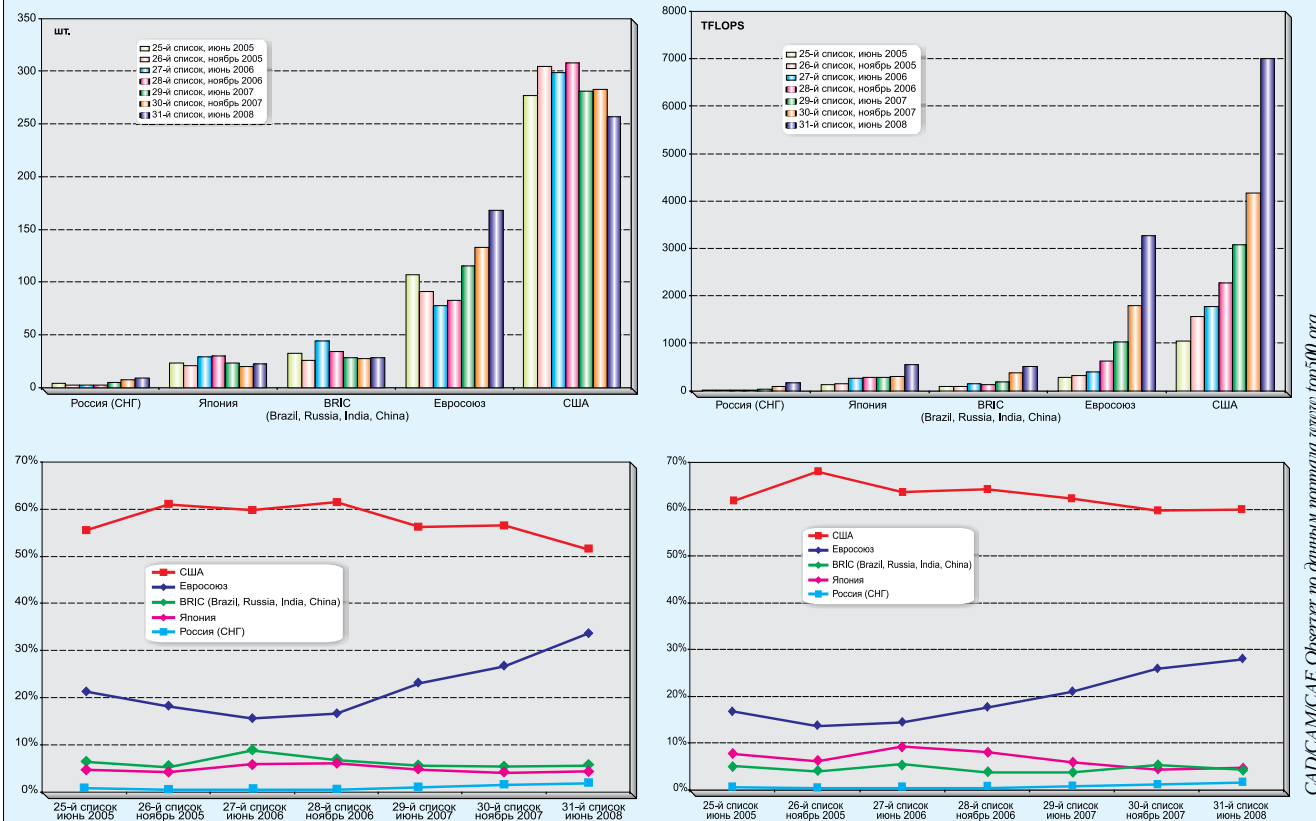


Рис. 12. Суперкомпьютеры в развитых и развивающихся регионах мира: количество (слева), суммарное быстродействие (справа) и соответствующая доля суперкомпьютеров, включенных во всемирный Top500 (списки №№25÷31, 2005÷2008 гг.)

Самый высокопроизводительный японский суперкомпьютер в *Top500* в июне 2008 года занял 16-е место. Он построен в 2008 году компанией *Hitachi* и имеет быстродействие 82.98 *TFLOPS*.

### ✓ Россия

На этот раз в рейтинге *Top500* Россия впервые была представлена девятью системами (или 1.8% всех систем), 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).

Впервые была занята и столь высокая позиция в рейтинге: 36-е место досталось суперкомпьютеру с быстродействием 47.17 *TFLOPS*, запущенному в марте 2008 года в Научно-исследовательском вычислительном центре (НИВЦ) МГУ им. М.В.Ломоносова. Таким образом, сегодняшний российский лидер, который получил название СКИФ МГУ, на полтора порядка уступает по быстродействию самому мощному компьютеру мира.

Почти полтора года назад, в июне 2007 года, когда Россия была представлена пятью системами в 29-м списке *Top500*, самое высокое, 105-е, место в рейтинге занимал установленный в начале 2007 года в Томском государственном университете суперкомпьютер СКИФ *Cyberia* с быстродействием 9 *TFLOPS*. Год спустя, в июне 2008-го, для него нашлось место только в самом конце 31-го списка – он занял 484-е место.

В комментариях иногда приходится читать, что у России, мол, имеются гораздо более мощные суперкомпьютеры, но информация о них отсутствует в рейтингах ввиду секретности – эти компьютеры шифруют и дешифруют информацию. По нашему мнению, эти утверждения не выдерживают критики. Во-первых, как известно, “шила в мешке не утаишь”. А, во-вторых, тактико-технические данные такого инструмента вряд ли имело бы смысл засекречивать, особенно если они находятся на уровне лучших мировых образцов: приоритет в данном случае важнее секретности. Кроме того, пресловутая секретность в данном случае скорее может способствовать консервации отставания, нежели выступать катализатором опережающего развития.

## Российский рейтинг суперкомпьютеров – Top50

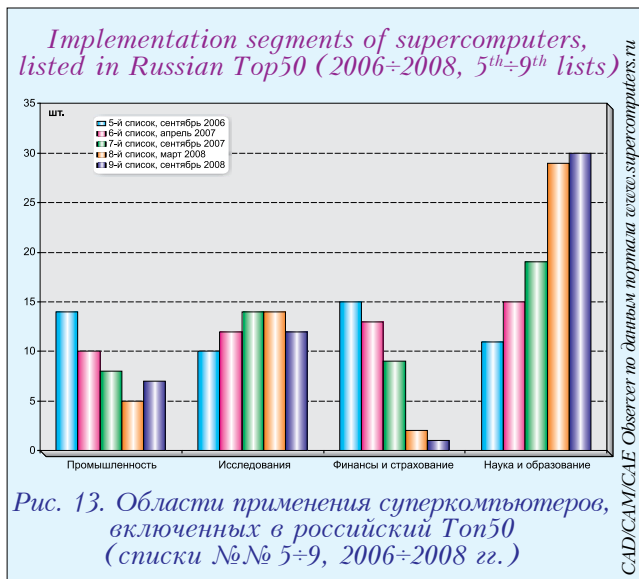
В России *HPC*-рынок за последние два года бурно развивался. За последние два года, с сентября 2006 года (5-й список) по сентябрь 2008 года (9-й список), суммарная производительность систем, включенных в российский рейтинг суперкомпьютеров *Top50*, выросла больше, чем на порядок (в 13.9 раза): с 24 до 332 *TFLOPS*. За последний год, с сентября 2007 года (7-й список), рост составил 5.4 раза – с 62 до 332 *TFLOPS*.

С июня по сентябрь 2008 года – за время, прошедшее между публикацией 31-го списка

международного рейтинга *Top500* и 9-го списка российского рейтинга *Top50*, сменился лидер среди российских суперкомпьютеров. Теперь им является система, установленная компанией *HP* в Межведомственном суперкомпьютерном центре Российской академии наук (МСЦ РАН) в Москве ([www.jscc.ru](http://www.jscc.ru)). Быстродействие этого суперкомпьютера достигло 55.69 *TFLOPS*, что на 18% больше, чем у предыдущего лидера – СКИФ МГУ, работающего в НИВЦ МГУ им. М.В.Ломоносова ([srcc.msu.ru](http://srcc.msu.ru)). Напомним, что обе эти организации при поддержке Министерства образования и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) ([www.rfbr.ru](http://www.rfbr.ru)) с декабря 2004 года публикуют рейтинг *Top50*.

Такие достижения, на наш взгляд, являются результатом целенаправленных государственных инвестиций в развитие материальной базы высокопроизводительных вычислений образовательных и исследовательских учреждений в соответствии с программами “СКИФ-ГРИД” и “СКИФ Полигон”. Достаточно сравнить число установленных систем, используемых в науке и образовании, увеличившееся с 11-ти в сентябре 2006 года до 30-ти в сентябре 2008 года (рис. 13).

Сегмент работающих в промышленности суперкомпьютеров на сентябрь 2008 года образуют 7 систем (или 14%). Среди них лидирует кластер, установленный *IBM* в сотрудничестве с компанией КРОК ([www.croc.ru](http://www.croc.ru)) в НПО “Сатурн”, где он используется для инженерного анализа разрабатываемых авиационных двигателей. С быстродействием 10.3 *TFLOPS* эта система занимает 9-е место. Интересно, что старый кластер предприятия, который в сентябре 2005 года занимал 4-е место с быстродействием 768 *GFLOPS* и был самым мощным суперкомпьютером, размещенным на промышленном предприятии (#6/2005), до сих пор входит в *Top50* и занимает предпоследнее место.



Среди производителей суперкомпьютеров по количеству установленных систем, вошедших в Топ50, лидируют (рис. 14, слева):

- российская компания Т-Платформы ([www.t-platforms.ru](http://www.t-platforms.ru)), которая построила 18 систем (в сотрудничестве с *Fujitsu Siemens* и *HP* создано по одной системе);

- компания *HP*, на счету которой 10 суперкомпьютерных систем;

- корпорация *IBM*, на счету которой 8 установленных систем (в сотрудничестве с российской компанией КРОК построено две системы).

Если сравнивать суммарное быстродействие систем, то лидерами являются (рис. 14, справа):

- компания *HP* с показателем 118 *TFLOPS*;

- компания *IBM*, системы которой “выдают на гора” 73.4 *TFLOPS*;

- группа научно-исследовательских институтов и предприятий России и Беларуси, сотрудничающих в рамках проектов союзного государства и объединенных аббревиатурой СКИФ (Суперкомпьютерная инициатива “Феникс”). Выпущенные под брендом СКИФ системы демонстрируют суммарное быстродействие 49.4 *TFLOPS*. В постройке недавнего лидера – СКИФ МГУ – принимала участие и компания Т-Платформы.

Отметим также, что в 8-й и 9-й списки российского Топ50 после двухгодичного перерыва вернулись суперкомпьютеры от американской компании *SGI*.

В отношении финансовых показателей российского *HPC*-рынка мы, к сожалению, вынуждены констатировать, что результаты систематических исследований пока отсутствуют. Имеются лишь некоторые оценки экспертов московского офиса *IDC Russia/CIS* ([www.idc.com/russia](http://www.idc.com/russia)). Вообще нынешнее состояние российского *HPC*-рынка по существу определяется значительными инвестициями в соответствии с государственными программами, составляющими более 90% объема рынка. По этому показателю российский рынок радикально

отличается от американского, где государственные инвестиции не превышают 10% объема.

## Перспективные программы развития *HPC*

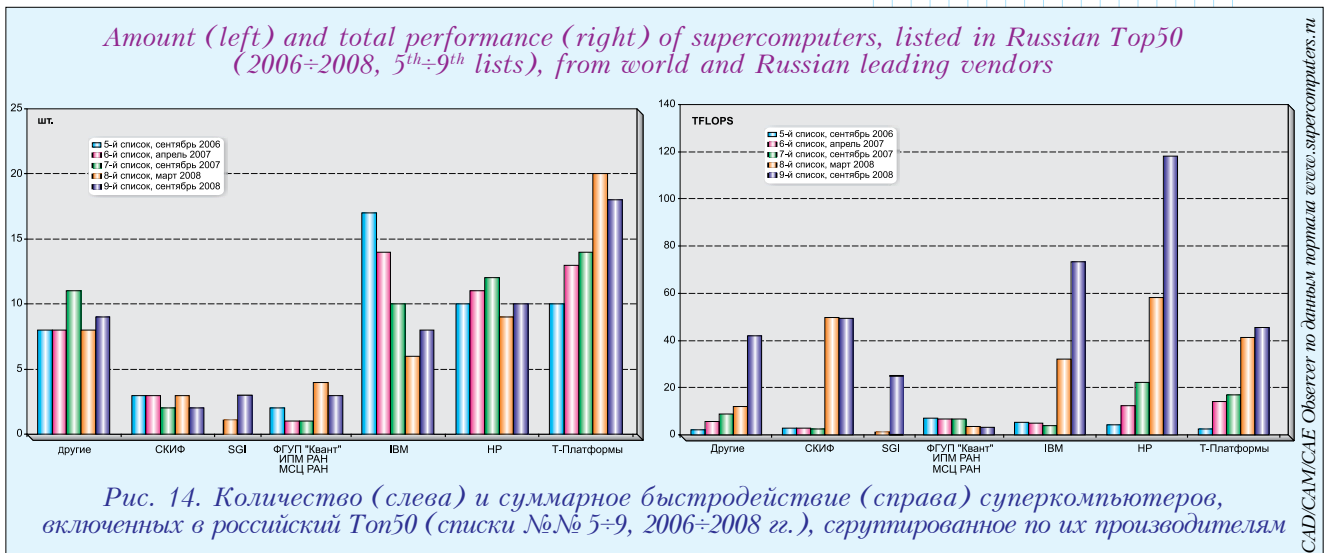
В заключение бегло перечислим некоторые программы развития *HPC*-систем, которые реализуются в рассматриваемых в нашем обзоре регионах. По этим программам можно судить об уровне задач, которые решаются в каждом регионе для обеспечения в перспективе стратегического лидерства в отрасли высокопроизводительных вычислений.

### ✓ США

Приоритетной задачей развития суперкомпьютерного направления в США после достижения *пета-флопсового рубежа* стали исследования, направленные на создание системы, способной преодолеть **следующий рекордный рубеж быстродействия – 1 exa-FLOPS**. Появление такого суперкомпьютера ожидается примерно через 11 лет, не позднее 2019 года.

В феврале 2008 года две ведущих национальных научно-исследовательских лаборатории – *Oak Ridge National Laboratory (ORNL)* в городе Оук Ридж, штат Теннесси ([www.ornl.gov](http://www.ornl.gov)) и *Sandia National Laboratories* в Альбукерке, штат Нью-Мексика ([www.sandia.gov](http://www.sandia.gov)) – объединили свои усилия в этом направлении и объявили о создании Института перспективных архитектур (*Institute for Advanced Architectures – IAA*) с бюджетом на 2008 год в размере 7.4 млн. долл.

А пока, 10 ноября 2008 года, за неделю до публикации 32-го списка *Top500* (он будет предметом нашего анализа в следующем обзоре), Министерство энергетики США (*U.S. Department of Energy*) сообщило о **повышении планки мирового рекорда быстродействия до 1.35 PFLOPS**. Новый рекордсмен – очередной раз модернизированный суперкомпьютер *Cray XT Jaguar*, работающий в *ORNL*.



После предыдущей модернизации, завершившейся в мае 2008 года, его производительность составила 205 *TFLOPS*, что обеспечило “Ягуару” 5-е место в 31-м списке.

#### ✓ Евросоюз

Руководство Евросоюза, оценив суперкомпьютерное направление как стратегически важное, прилагает усилия по развитию собственной базы для создания *HPC*-систем. С этой целью выполнение стратегически важных проектов было поручено компании с европейской юрисдикцией – французской *Bull* ([www.bull.com](http://www.bull.com)). Годовой оборот этой компании составляет 1.117 млрд. евро, а штаб-квартира расположена в коммуне *Les Clayes-sous-Bois*, примерно в 25 *km* к западу от Парижа.

В соответствии с проектом исследования пета-флопсовых архитектур (*Jülich Research on Petaflops Architectures – JuRoPA*), компания *Bull* разрабатывает суперкомпьютер с быстродействием 200 *TFLOPS*, который в 2009 году будет интегрирован в компьютерную сеть центра обработки данных исследовательского центра *Forschungszentrum Jülich* в городе Юлих (федеральная земля Северный Рейн – Вестфалия, Германия). В настоящее время центр располагает самым быстродействующим (180 *TFLOPS*) в Европе суперкомпьютером *JUGENE* (6-е место в *Top500*), который был построен компанией *IBM* в 2007 году на базе модели *BlueGene/P*.

Для выполнения программы моделирования ядерного оружия в соответствии с заказом Управления военных приложений (*Direction des Applications Militaires – DAM*) Комитета по атомной энергии Франции (*Commissariat à l’Energie Atomique – CEA*), компания *Bull* ведет разработку суперкомпьютера *TERA 100*, вторая очередь которого, как ожидается, впервые в Европе достигнет пета-флопсового рубежа.

#### ✓ BRIC

В Китае полным ходом идет работа по созданию собственной элементной и суперкомпьютерной базы. Так, с 2008 года планируется выпуск четырехъядерных процессоров *Godson-3*, а с 2009 года – восьмиядерных процессоров. Разработка собственного процессора ведется уже с 2001 года в расположенном в Пекине Институте компьютерных технологий ([www.ict.ac.cn](http://www.ict.ac.cn)) Академии наук Китая.

Постройка суперкомпьютера *Shuguang-6000* с быстродействием в 1 *PFLOPS* на базе собственного китайского процессора планируется к 2010 году.

#### ✓ Япония

Как мы отмечали в прошлогоднем обзоре, в ближайшее время (возможно, это произойдет уже в 2009 году) Япония намерена вернуть себе лидерство в области *HPC*-систем. В соответствии с финансируемой правительством программой, компании *NEC*, *Fujitsu* и *Hitachi* ведут по заказу научно-исследовательского института *RIKEN*

разработку суперкомпьютера нового поколения с быстродействием 10 *PFLOPS*.

#### ✓ Россия

В России возрождается промышленность, выпускающая собственную элементную базу, а также будут создаваться компьютеры мирового уровня. Так, в соответствии с федеральной целевой программой “Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники”, к 2010 году будет освоено производство процессоров по технологической норме 45÷65 *nm*. Для этой цели в Зеленограде создаются два завода, которые оснащаются технологиями и оборудованием американской процессорной компании *AMD*. (В скобках заметим, что недавно было объявлено о планах *AMD* разделить свой бизнес – разработку и производство процессоров – между двумя компаниями.)

В Институте точной механики и вычислительной техники им. С.А.Лебедева РАН, который в 2008 году отметил своё 60-летие, будут развернуты работы по созданию российских суперкомпьютеров, для строительства которых предусматривается использование собственной элементной базы и собственных архитектурных разработок. Это позволит возродить традиции, заложенные в процессе создания передовых архитектур оригинальных советских суперкомпьютеров БЭСМ-6 и “Эльбрус”, которые в свое время успешно конкурировали с лучшими мировыми образцами.

## Заключение

Следующий наш обзор достижений 2008÷2009 годов будет включать финансовый анализ *HPC*-рынка в 2008 году, результаты рейтингов – мирового *Top500* и российского *Top50*, которые публикуются в ноябре 2008 года и в июне 2009 года, а также в марте и сентябре 2009 года соответственно.

## Когда номер готовился к печати

Вопреки нашим ожиданиям, опубликованный 17 ноября 2008 года 32-й список мирового рейтинга *Top500* возглавил не суперкомпьютер *Cray XT Jaguar* с объявленным рекордным быстродействием 1.35 *PFLOPS*, а предыдущий рекордсмен – лидер 31-го списка *Roadrunner* от *IBM*, вычислительная мощь которого за полгода немного приросла (до 1.105 *PFLOPS*).

Дело в том, что в 32-м списке модернизированная система *Cray XT Jaguar* оказалась расчлененной на две:

- суперкомпьютер *Cray XT4 Jaguar* с быстродействием 205 *TFLOPS*, который был представлен и в 31-м списке, а теперь занял 8-е место;

- *Cray XT5 Jaguar* – результат полугодовой работы компании *Cray*. Хотя этот суперкомпьютер и преодолел заветный рубеж, выдав на-гора 1.059 *PFLOPS*, он всё же пропустил вперед калифорнийскую бегающую кукушку (именно так переводится *Roadrunner*) и оказался на почетном втором месте. 