

DOI: 10.37930/1990-9780-2023-4-78-14-20

А. Р. Бахтизин¹

ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА²

Рассматриваются вопросы использования суперкомпьютерных технологий в моделировании развития общества. Показано, что в ТОП-500 самых мощных в мире машин на первом месте – США (150 систем), на втором – Китай (34 системы), у России – 7 систем; по производительности всех опережает США (46 %), доля России – 1,4 %. Перечислены основные задачи суперкомпьютеров: настройка глубоких нейронных сетей для управления; разработка композитных материалов; моделирование лекарств; расчёт оптимальной геометрии кузовов транспортных средств и пр. Отмечена динамичность развития ситуации в России, в частности за счёт увеличения мощности суперкомпьютера «Ломоносов». Выделяется суперкомпьютер МГУ-27, его основные задачи: моделирование климата, лекарств, а также суперпроект «Цифровая Земля». В рамках БРИКС определены три приоритетных направления для реализации на суперкомпьютерах. Россия в качестве приоритетов обозначила климат и демографию. В ЦЭМИ РАН разработаны агент-ориентированная модель – цифровой двойник России и двойник планеты на базе агент-ориентированного подхода. Работа осуществляется совместно с коллегами из КНР. Большинство моделей, выполненных в ЦЭМИ РАН, реализованы на суперкомпьютерах. Результаты работы опубликованы в монографии «Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров».

Ключевые слова: суперкомпьютерные технологии, производительность суперкомпьютеров из топ-500, лидеры в этой сфере, основные задачи систем из ТОП-500, приоритетные направления и разработки России, агент-ориентированная модель демографической системы планеты.

УДК 330.352

В настоящее время суперкомпьютерные технологии – это бурно развивающаяся отрасль. Июньские данные по суммарной производительности ТОП-500 самых мощных машин в мире показывают впечатляющую цифру – больше 5 эксафлопс (рис. 1), а соответствующий прирост – практически экспоненциальный (за 30 лет производительность 500 систем выросла в 4,5 млн раз).

В ТОП-500 систем (рис. 2) первое место занимает США (150 систем), далее – Китай (134 системы) и Германия с Францией (по 30 с лишним). В России сейчас 7 систем,

¹ Альберт Рауфович Бахтизин, директор Центрального экономико-математического института РАН (117418, РФ, Москва, Нахимовский пр., 47), д-р экон. наук, профессор, член-корр. РАН, e-mail: director@cemi.rssi.ru

² Материал записан со слов докладчика на конференции ЦЭМИ РАН «Искусственные общества и информационные технологии», Москва, 25–26.09.2023 г. Публикуется в авторской редакции.

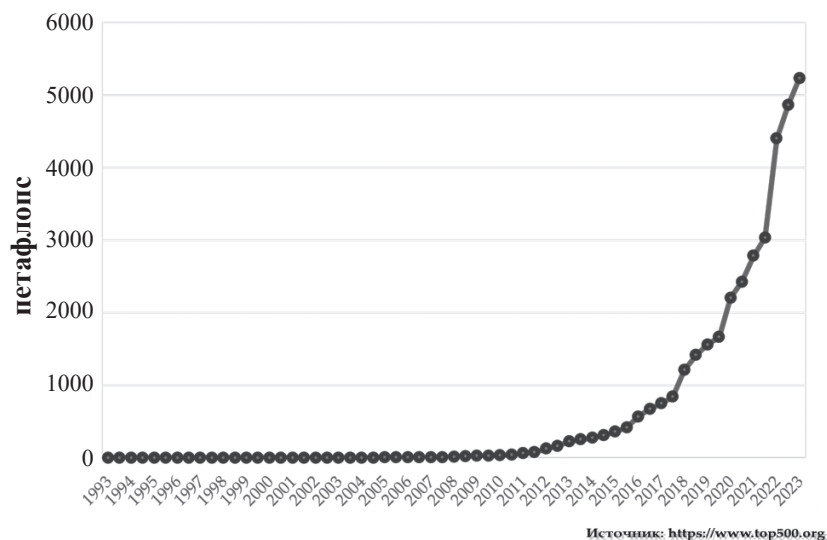
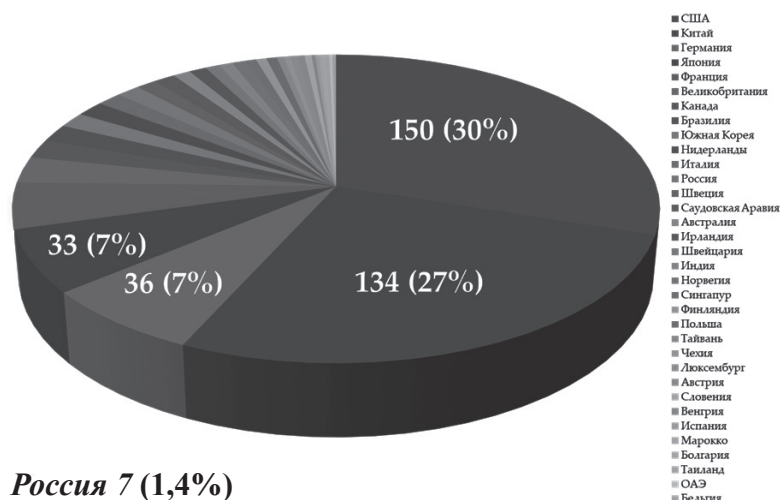


Рис. 1. Суммарная производительность ТОП-500 суперкомпьютеров (июнь 2023 г.)



Россия 7 (1,4%)

Рис. 2. Количество суперкомпьютеров из ТОП-500 в 2023 г. по странам

без учёта последнего суперкомпьютера – МГУ-270, введённого в эксплуатацию 1 сентября 2023 г., который займет третью строчку в мире. Это значимое событие для всего IT-сообщества как в России, так и в мире.

Из рис. 3, где представлена суммарная производительность ТОП-500 суперкомпьютеров по странам мира, видно, что здесь ситуация несколько другая. Несмотря на

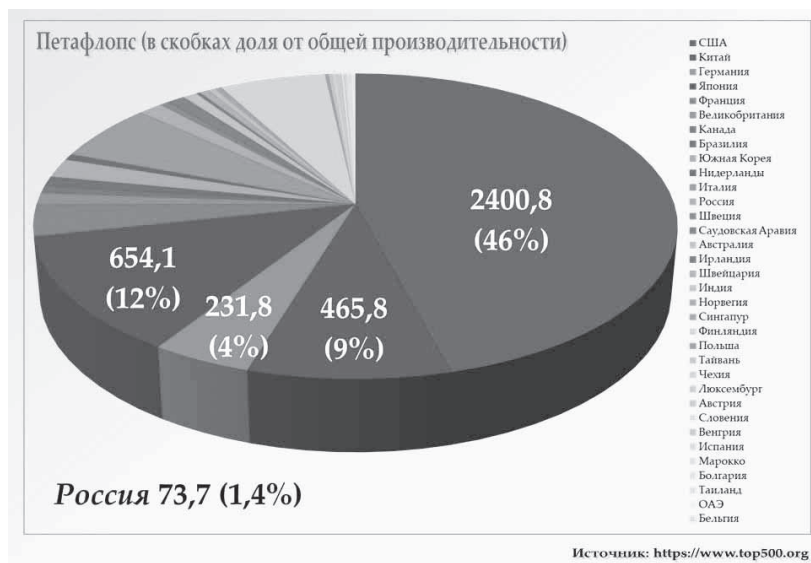


Рис. 3. Производительность ТОП-500 суперкомпьютеров в 2023 г. по странам

довольно значимое количество систем у Китая, впереди с большим отрывом идёт США. Доля России, к сожалению, составляет только 1,4 %, но ситуация несколько поменяется в связи с вводом в эксплуатацию нового суперкомпьютера.

На рис. 4 представлена производительность суперкомпьютеров из ТОП-500 для трёх стран в динамике. В какой-то момент два лидера (США и Китай) шли достаточно ровно, но сейчас налицо сильный отрыв США в связи с инициированием торговых

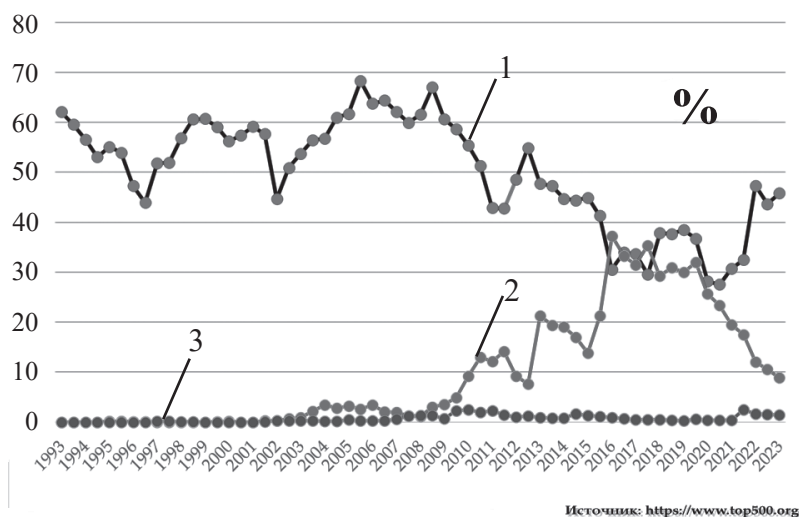


Рис. 4. Доля стран в суммарной производительности суперкомпьютеров из ТОП-500: 1 – США; 2 – Китай; 3 – Россия

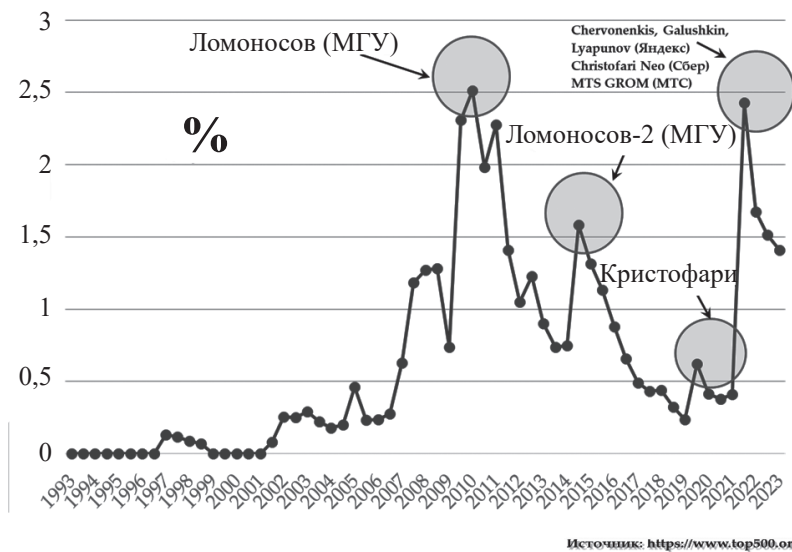
войн и введением ограничений на поставки процессоров в Китай, за счёт чего США вырвались вперед. На данный момент эта страна занимает около 46 % от суммарной мощности суперкомпьютеров в мире.

Зачем нужны такие мощности? Какие основные задачи стоят перед этими ТОП-500-системами, которые так активно развиваются?

В первую очередь это – настройка глубоких нейронных сетей для управления, в частности, беспилотными летательными аппаратами и автомобилями; создание спецэффектов в кинематографе; разработка композитных материалов; расчёт оптимальной геометрии кузовов транспортных средств; также это моделирование лекарств и персонафицированная медицина, в первую очередь имеется в виду терапия онкологических заболеваний. Кроме того, это борьба с эпидемиями (ковид-19 и прочими).

То, что я обозначил, это приоритетные направления, которые разрабатываются, и именно для них используются суперкомпьютеры. Поэтому лидеры в этой области, по сути, будут лидерами и в перечисленных технологиях.

В России ситуация динамично менялась, и максимум, чего мы достигали, – это доля в суммарной производительности 2,5 % в 2010 г. за счёт увеличения мощности суперкомпьютера «Ломоносов» (рис. 5). Несмотря на ввод в эксплуатацию систем «Ломоносов-2», «Кристофари», «Кристофари Нео», «Червоненкис» и др., увеличить долю пока не удалось.



Источник: <https://www.top500.org>

Рис. 5. Доля России в суммарной производительности суперкомпьютеров из ТОП-500

Суперкомпьютер МГУ-270 (рис. 6) введён в эксплуатацию 1 сентября 2023 г. Основные задачи, которые он будет решать: моделирование климата, моделирование лекарств, а также суперпроект, который называется «Цифровая Земля».

У ЦЭМИ РАН есть терминальный доступ к трём суперкомпьютерам из списка ТОП-500. Это – «Ломоносов», суперЭВМ межведомственного центра РАН и «Млечный путь-2», который находится в национальном суперкомпьютерном центре Китая.

400 петафлопс, 3-е место в мировом рейтинге



1 сентября 2023 года
в Московском
государственном
университете имени
М. В. Ломоносова
состоялось
торжественное открытие
нового суперкомпьютера
«МГУ-270»

- Моделирование климата
- Моделирование лекарств (индивидуальное лечение рака и т. д.)
- Цифровая Земля

ЦЭМИ РАН (терминальный доступ):

1. Суперкомпьютерный комплекс МГУ
2. Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН
3. Национальный суперкомпьютерный центр КНР (Млечный путь)

Рис. 6. Суперкомпьютер «МГУ-270»

В июле текущего года состоялось очередное заседание Рабочей группы стран БРИКС (объединяющее пять стран, и этот состав будет расширяться) по определению приоритетных направлений для их реализации на суперкомпьютерах и последующей поддержки на государственном уровне. Были выделены три приоритета: а) умное производство; б) персонифицированная медицина; в) проект «Цифровая Земля». На встрече каждая из стран-участниц обозначила свои приоритеты. Например, Бразилия – искусственный интеллект; Индия – биоинформатика, т. е. моделирование лекарств, а также климат и экология; Китай – в первую очередь искусственный интеллект, а также транспортные симуляторы; Россия – климат и демография.

Как часть этого проекта в ЦЭМИ РАН была разработана агент-ориентированная модель, которая является цифровым двойником России, и отдельно – цифровой двойник планеты на базе агент-ориентированного подхода [1, 2] (рис. 7). Отмечу, что цифровой двойник для России на Общем собрании РАН был определён как одна из приоритетных разработок Академии наук в сфере общественных наук и вошёл в десятку самых важных результатов. Работа осуществлялась под моим (с В. Л. Макаровым) руководством; в этом проекте также принял участие научный руководитель Института океанологии РАН академик РАН Р. И. Нигматулин. Данная работа опубликована, но на самом деле она только начинается, потому что это исследование очень масштабное – и по содержанию, и по количеству возможных модулей, которые должны быть в ней реализованы.

Эта работа также является подчастью большого проекта по моделированию социально-экономической динамики большинства стран мира, которую мы осуществляем совместно с нашими коллегами из национального суперкомпьютерного центра КНР (Гуанчжоу). В рамках проекта разрабатывается симулятор, охватывающий более 100 стран мира, для прогнозирования, для проведения сценарных расчётов, в том числе торговых войн.



Рис. 7. Агент-ориентированная модель демографической системы планеты

Большинство моделей, которые сделаны в ЦЭМИ РАН, были реализованы на суперкомпьютерах. Это – модели, связанные с демографией, распространением эпидемий, с транспортными потоками и другими социально-экономическими процессами. Они опубликованы в монографии «Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров», которая вышла в свет в этом году (авторы: академик РАН В. Л. Макаров, академик РАН В. В. Окрепилов, член-корреспондент РАН А. Р. Бахтизин [3]). Книга уже получила достаточно позитивные отзывы в связи с тем, что она обладает, несомненно, новизной – в неё включены суперкомпьютерные технологии применительно к моделированию общественных процессов. И в этом смысле она первая и пока уникальная.

Список литературы

1. Макаров, В. Л. Цифровой двойник (искусственное общество) социально-экономической системы России – платформа для экспериментов в сфере управления демографическими процессами / В. Л. Макаров, Р. И. Нигматулин, Н. И. Ильин, А. Р. Бахтизин, Е. Д. Сушко, М. Ю. Сидоренко // Экономические стратегии. – 2022. – 2 (182). – С. 6–19. – DOI: <https://doi.org/10.33917/es-2.182.2022.6-19>.
2. Макаров, В. Л. Долгосрочное демографическое прогнозирование / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Луо Хуа, Ву Цзе, Ву Зили, М. Ю. Сидоренко // Вестник Российской академии наук. – 2023. – Т. 93, № 1. – С. 21–35. – DOI: 10.31857/S0869587323010048.
3. Макаров, В. Л. Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров / В. Л. Макаров, В. В. Окрепилов, А. Р. Бахтизин. – М.: URSS, 2023. – 416 с.

References

1. Makarov V. L. The Digital Twin (Artificial Society) of the Socio-Economic System of Russia is a Platform for Experiments in the Field of Managing Demographic Processes / V. L. Makarov, R. I. Nigmatulin, N. I. Ilyin, A. R. Bakhtizin, E. D. Sushko, M. Y. u. Sidorenko // *Economic Strategies*. 2022. – 2 (182). – Pp. 6–19. – DOI: <https://doi.org/10.33917/es-2.182.2022.6-19>.
2. Makarov V. L. Long-Term Demographic Forecasting / V. L. Makarov, A. R. Bakhtizin, Luo Hua, Wu Jie, Wu Zili, M. Yu. Sidorenko // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. – 2023. – T. 93, No. 1. – Pp. 21–35. – DOI: 10.31857/S0869587323010048.
3. Makarov V. L. Scientific Solutions of Complex Economic and Social Tasks Using Supercomputers / V. L. Makarov, V. V. Okrepilov, A. R. Bakhtizin. – M.: URSS, 2023. – 416 p.

A. R. Bakhtizin³. Application of Supercomputer Technologies for Simulation of Society Development. Under consideration are issues of using supercomputer technologies in the society development modelling. It has been shown that in the TOP 500 most powerful machines in the world, the USA takes the first place (150 systems), the second place – China (34 systems), Russia has 7 systems; ahead of all in performance is the USA (46%), Russia's share is 1.4%. The supercomputers main tasks have been listed: deep neural networks customization for managing; composite materials development; drugs modelling; calculation of vehicle bodies optimal geometry and etc. The dynamic development of the situation has been noted in Russia, in particular by the increase of the Lomonosov supercomputer power. The MFY-27 supercomputer has been distinguished, its main tasks: climate, drugs modelling, as well as the Digital Earth superproject. Three priority areas have been identified for implementing on the supercomputers within the framework of BRICS. Russia has announced climate and demography as priorities. In the CEMI RAS, an agent-based model – a Digital Twin of Russia and a Digital Twin of the Planet on the agent-based approach have been developed. The work has been performed jointly with the colleagues from the PRC. Most of the models made in the CEMI-RAS have been implemented on the supercomputers. The work results have been published in the «Scientific Solutions of Complex Economic and Social Tasks Using Supercomputers» monography.

Keywords: supercomputer technologies, supercomputers power from top 500, leaders in this field, system main tasks from TOP 500, priority areas and Russia's developments, agent-based model of the Planet demographic system.

³ *Albert R. Bakhtizin*, Director of the Central Economics and Mathematics Institute (CEMI) of the Russian Academy of Sciences (47 Nakhimovskiy Avenue, Moscow, 117418, Russia), Doctor of Economics, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, e-mail: director@cemi.rssi.ru