

Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков

Часть IV. HPC-серверы

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Вниманию читателей предлагается четвертая часть обзора систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*. В этом году уже были опубликованы первая [1], вторая [2] и третья [3] части очередного комплексного обзора, выходящего под привычной общей “шапкой”.

В настоящей, 4-й части обзора вся актуализированная информация распределена по девяти разделам:

1. Объем рынка HPC в 2020 году
2. Прогноз для рынка HPC до 2024 года. Количество грядущих инсталляций экзафлопсников
3. Структура рынка HPC на основе классификации HPC-систем по стоимости
4. Структура суперкомпьютерного сегмента рынка HPC на основе классификации по стоимости

5. Специализированные сегменты рынка HPC

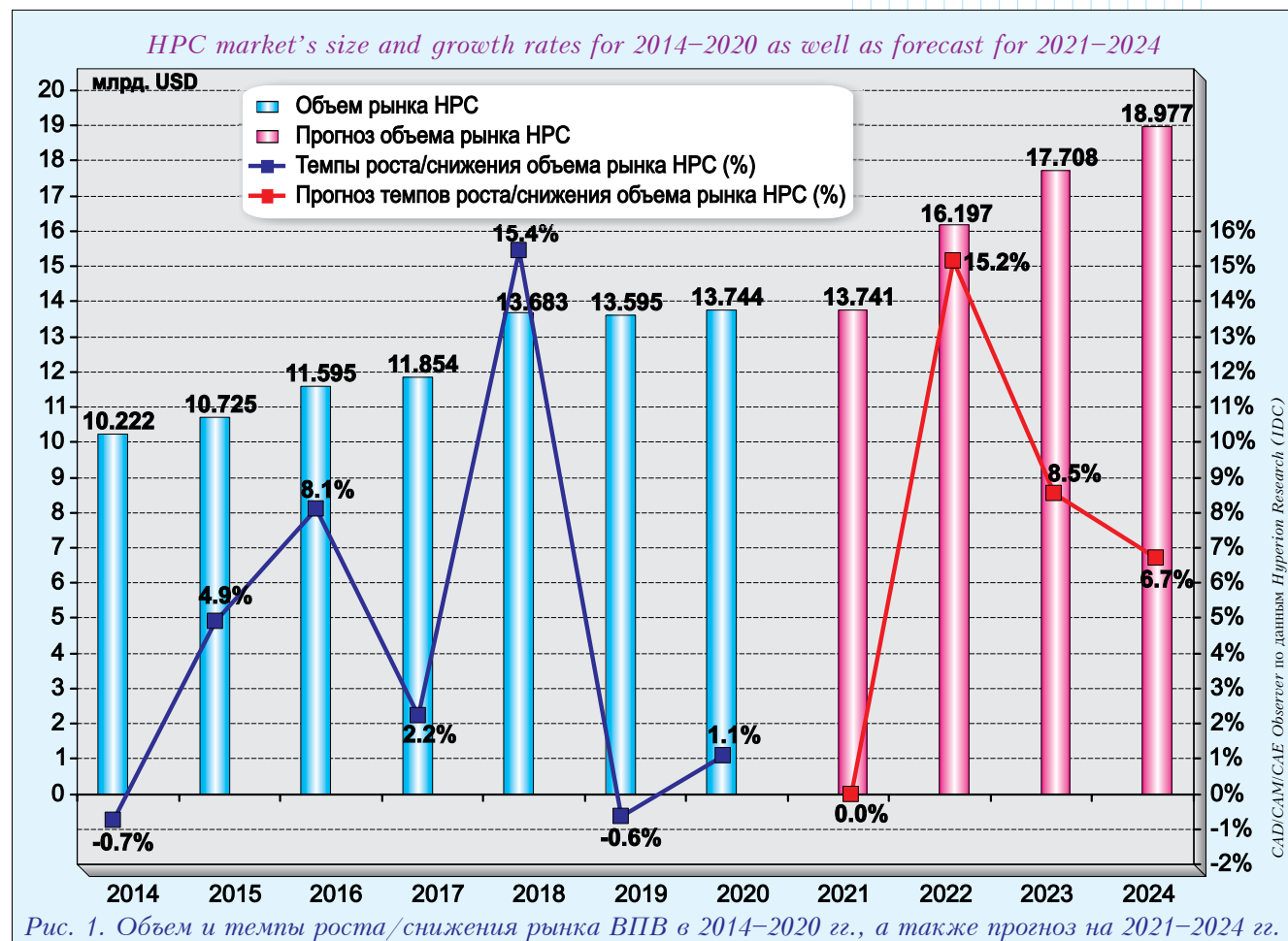
6. Основные финансовые показатели лидеров рынка HPC

7. Рынок HPC-систем как сегмент расширенного рынка HPC

8. Рынок HPC-систем как сегмент серверного рынка.

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

Напомним, что **Hyperion Research** образована на базе HPC-подразделения, отделившегося от компании IDC (www.idc.com), входящей в *International Data Group (IDG)*.



Таким образом, в представленных в статье диаграммах будут сочетаться исторические данные компании IDC и, начиная с 2016 года, аналитика от *Hyperion Research*. Последние итоги по 2020 году и прогнозы до 2024 года были обнародованы на ежегодной конференции *ISC High Performance 2021 Digital*, которая проходила в режиме онлайн с 24 июня по 2 июля 2021 года. Из-за пандемии *COVID-19* мероприятие в таком формате проводится уже второй год подряд. В доковидную эпоху традиционным местом проведения конференции служил город Франкфурт (Германия).

Все предыдущие публикации по этой тематике, включая новейшую аналитику [4–6], по-прежнему свободно доступны на нашем сайте www.cad-cam-cae.ru.

1. Объем рынка HPC в 2020 году

По результатам 2020 года объем рынка HPC достиг 13.744 млрд. долларов (рис. 1), при этом прирост составил всего +1.1% по сравнению с 2019 годом, когда объем был 13.595 млрд. долларов. В свою очередь, в 2019 году этот показатель немного уменьшился (-0.6%) в сравнении с 2018 годом (13.683 млрд. долларов).

Минимальным изменениям объема рынка в доковидный и ковидный годы предшествовал двузначный прирост +15.4%, зафиксированный в 2018 году по сравнению с 2017 годом, когда объем составил 11.854 млрд. долларов. Этот показатель

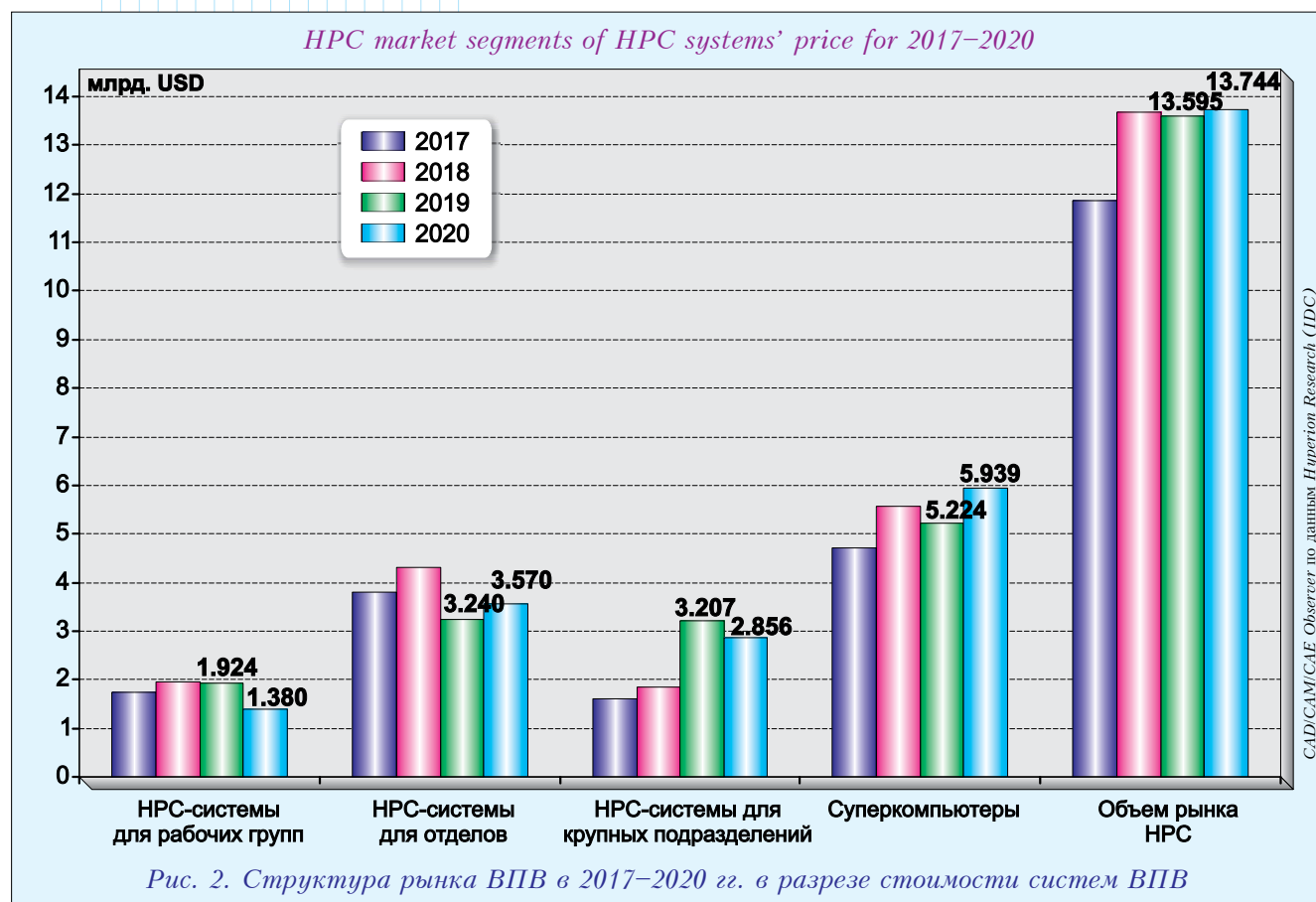
оказался рекордным за весь период с 2007 года – см. [4, рис. 1] (напомним также, что тогда аналитическая компания IDC изменила методику оценки рынка HPC; освежить в памяти подробности можно в нашем обзоре 13-летней давности [7]).

До этого рекорда темпы роста двузначными не были никогда. Так, в 2017 году прирост составил всего +2.2% по сравнению с 2016-м (11.595 млрд. долларов). Ранее, в 2016 году, объем рынка увеличился на +8.1% в сравнении с 2015 годом (10.725 млрд.), а в 2015 году рынок вырос всего на +4.9% в сравнении с 2014-м (10.222 млрд. долларов).

Согласно данным аналитической компании *Hyperion Research*, объем рынка HPC-систем в 2020 году составил 13.744 млрд. долларов, показав рост +1.1% в сравнении с 2019 годом.

2. Прогноз для рынка HPC до 2024 года. Количество грядущих инсталляций экзафлопсников

Опираясь на результаты 2020 года, аналитики компании *Hyperion Research*, невзирая на стагнацию рынка HPC в 2021 году, прогнозируют в ближайшем будущем значительный рост его объема – до 18.977 млрд. долларов в 2024 году (рис. 1).



Усредненные за четыре года прогнозируемые темпы роста составляют +8.4%.

Напомним, что годом ранее (см. прошлогодний обзор [4]), доковидный прогноз среднегодовых темпов роста на пятилетку 2020–2024 гг. был более оптимистичным (+8.75%), равно как и оценка объема рынка *HPC* в 2024 году: ожидалось, что он достигнет величины 20.844 млрд. долларов.

Обратим также внимание читателей на довольно значительный разброс темпов роста по годам, что отражает анонсируемый ввод в действие суперкомпьютеров, по производительности относящихся к классу экзафлопсников или их прототипов.

С таблицей инсталляций суперкомпьютеров, планируемых в период с 2021 по 2026 год, можно ознакомиться на слайде *The Exascale Market* [8] из презентации аналитиков *Hyperion Research* на международной конференции *ISC High Performance 2021 Digital*.

По оценкам аналитиков *Hyperion Research*, в течение 2021–2026 гг. будет инсталлировано 28–38 систем, на строительство которых будет потрачено 11–15 млрд. долларов. Отметим, что для экзафлопсников или их прототипов в упомянутой таблице используются следующие градации (без уточнения соотношений их производительности):

- *Pre-Exascale*;
 - *Near-Exascale* (к этому классу отнесен нынешний лидер рейтинга *Top500* – суперкомпьютер *Fugaku* с реальной производительностью почти в половину *Eflops* [3]);
 - *Exascale*.
- Ожидаемое распределение систем по странам:
- Германия, другие страны Евросоюза и Великобритания – 8–11 систем;
 - США – 8–10 систем;
 - Китай – 6–10 систем;
 - Япония – 3 системы (помимо *Fugaku*);
 - другие страны – 3–4 системы (упоминаются Южная Корея, Сингапур, Австралия, Россия, Канада, Индия, Израиль, Саудовская Аравия и др.).

3. Структура рынка *HPC* на основе 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 2020 году сегменты рынка *HPC* достигли следующих значений в денежном выражении (рис. 2):

- *Supercomputers* – 5.939 млрд. долларов;
- *Divisional* – 2.856 млрд. долларов;
- *Departmental* – 3.570 млрд. долларов;
- *Workgroup* – 1.380 млрд. долларов.

Таким образом, в сравнении с 2019 годом сегменты *Supercomputers* и *Departmental* увеличились, а сегменты *Divisional* и *Workgroup* – уменьшились.

По результатам 2020 года рыночный пирог поделится между *HPC*-системами различной стоимости следующим образом (рис. 3):

- *Supercomputers* – 43.2%;
- *Divisional* – 20.8%;
- *Departmental* – 26.0%;
- *Workgroup* – 10.0%.

Для сравнения вспомним, как выглядела картина в прошлом.

В 2019 году – 38.4%, 23.6%, 23.8% и 14.2% соответственно.

В 2018 году – 40.7%, 13.5%, 31.6% и 14.2%.

В 2017 году – 39.8%, 13.5%, 32.0% и 14.7%.

4. Структура суперкомпьютерного сегмента рынка *HPC* на основе классификации по стоимости

Компания *Hyperion Research* дополнила унаследованную от *IDC* классификацию *HPC*-систем на основе их стоимости, разделив сегмент суперкомпьютеров, которые имеют стоимость свыше 500 тыс. долларов, на три субсегмента (в скобках даны их оригинальные названия на английском языке):

- прототипы больших систем и систем рекордной производительности (*Entry Level Systems*) – от 500 тыс. долларов до 3 млн. долларов;
- большие системы (*Large Systems*) – от 3 млн. долларов и выше;

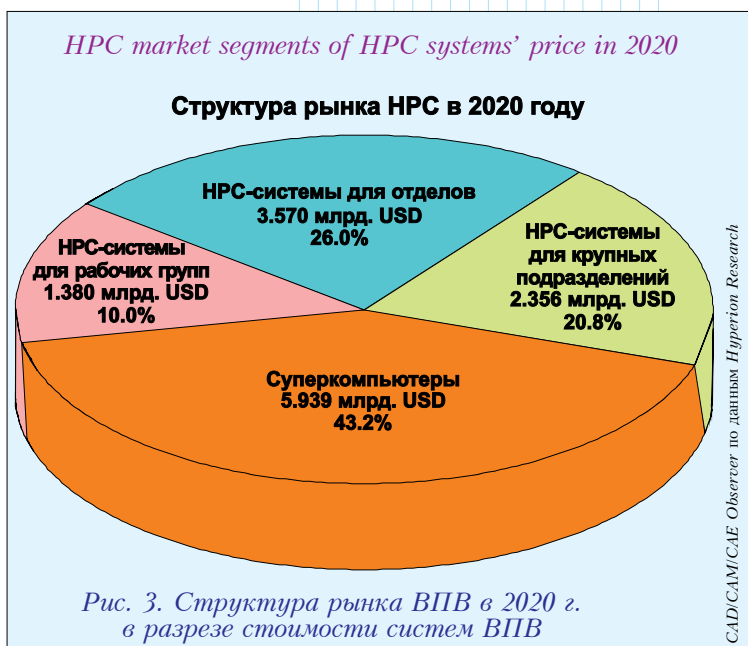


Рис. 3. Структура рынка *HPC* в 2020 г. в разрезе стоимости систем *HPC*

Structure and sizes of subsegments of supercomputer segment of HPC market for 2019–2020 as well as forecast for 2021–2024

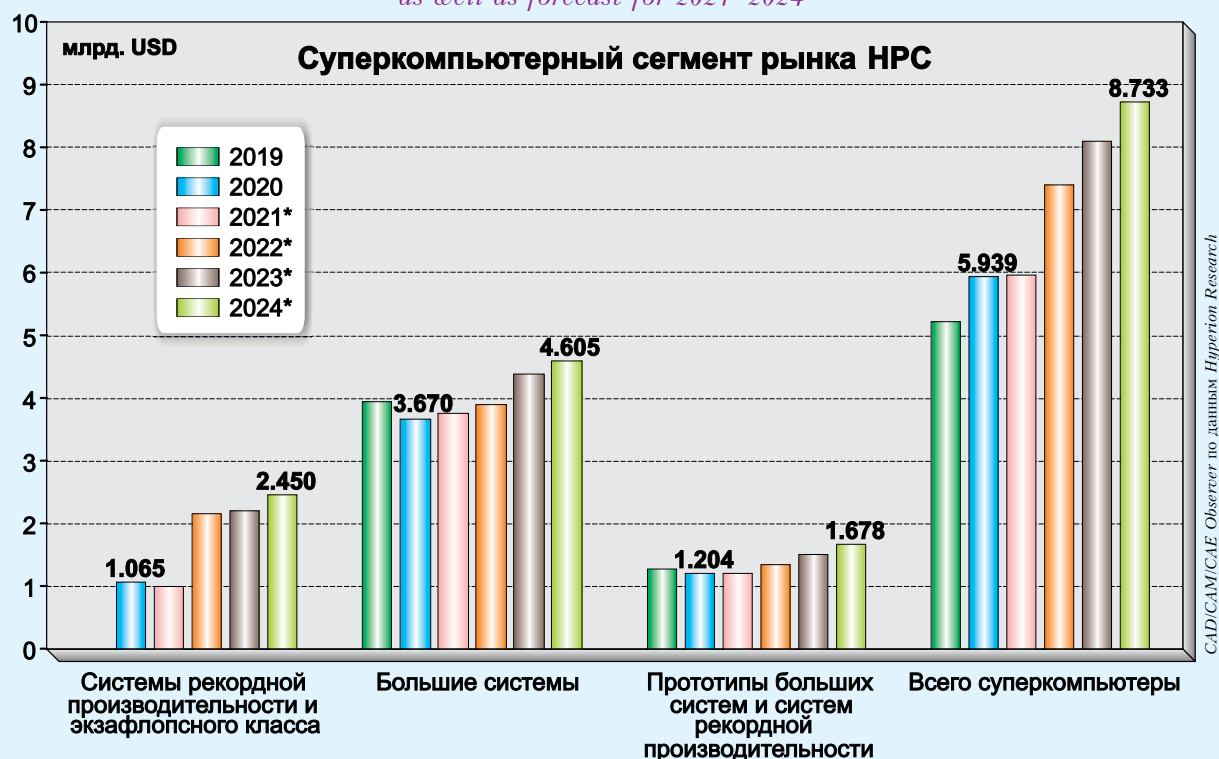


Рис. 4. Структура суперкомпьютерного сегмента рынка ВПВ, величина субсегментов в денежном выражении в 2019–2020 гг., а также прогноз на 2021–2024 гг.

Sizes of HPC market segments, which include dedicated HPC systems for data analytics and HPC systems based on artificial intelligence (AI), for 2019–2020 as well as forecast for 2021–2024

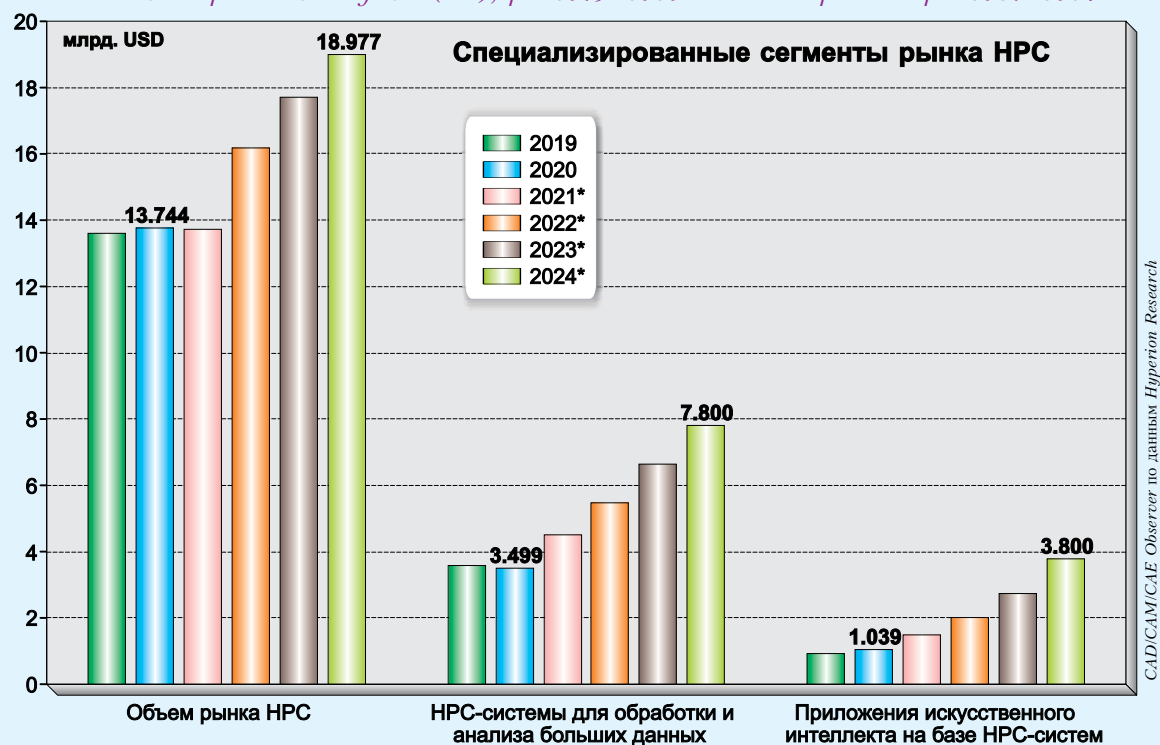


Рис. 5. Объемы специализированных сегментов рынка ВПВ в 2019–2020 гг., а также прогноз на 2021–2024 гг.

• системы рекордной производительности и эксафлопсного класса (*Leadership/Exascale-Class Systems*) – их стоимостной предел (снизу) пока не установлен, однако, судя по уже упомянутой таблице *The Exascale Market*, он оценивается в сумму не менее 350 млн. долларов.

В 2020 году субсегменты суперкомпьютерного сегмента рынка *HPC* достигли следующих значений в денежном выражении (рис. 4):

- *Entry Level Systems* – 1.204 млрд. долларов;
- *Large Systems* – 3.670 млрд. долларов;
- *Leadership/Exascale-Class Systems* – 1.065 млрд. долларов.

Согласно прогнозам, к 2024 году эти субсегменты достигнут (рис. 4):

- *Entry Level Systems* – 1.678 млрд. долларов;
- *Large Systems* – 4.605 млрд. долларов;
- *Leadership/Exascale-Class Systems* – 2.450 млрд. долларов.

Таким образом, в период с 2020 по 2024 гг. ожидается следующий рост объемов всех субсегментов:

- *Leadership/Exascale-Class Systems* – на +130.0%;
- *Large Systems* – на +25.5%;
- *Entry Level Systems* – на +39.4%.

Для сравнения: весь сегмент *Supercomputers* в целом вырастет на +47.0%, а объем рынка *HPC* в целом – на +38.1%.

5. Специализированные сегменты рынка *HPC*

К специализированным сегментам рынка *HPC* аналитики компании *Hyperion Research* относят следующие два (в скобках даны оригинальные названия на английском языке):

- *HPC*-системы для обработки и анализа больших данных, в том числе с применением алгоритмов искусственного интеллекта (*HPDA Servers – High Performance Data Analysis Server, including Big Data and Artificial Intelligence*);
- приложения искусственного интеллекта на базе *HPC*-систем, включая машинное обучение, глубинное обучение и другие (*HPC-Based AI, including Machine Learning, Deep Learning and other*).

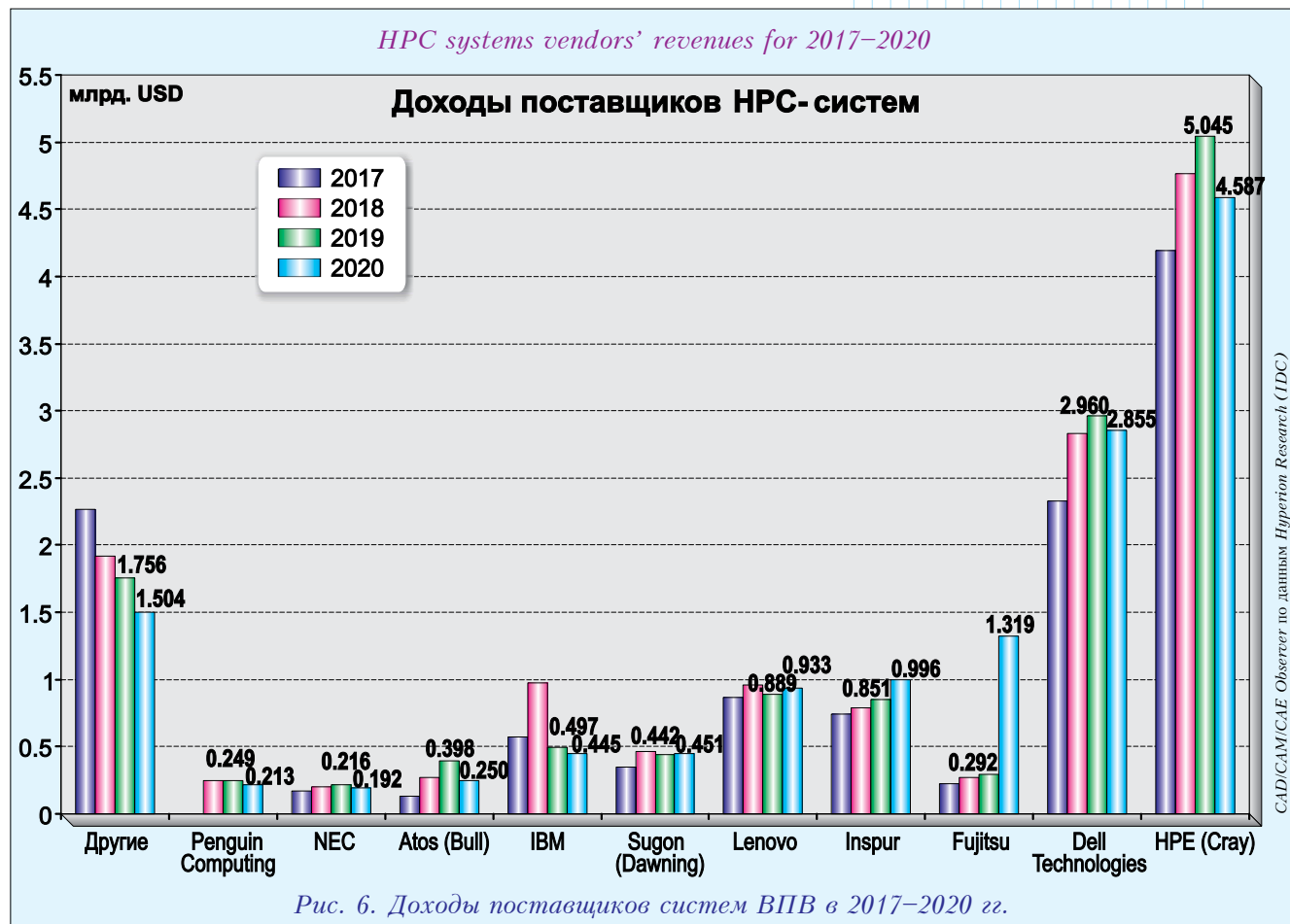
В 2020 году специализированные сегменты рынка *HPC* достигли следующих значений в денежном выражении (рис. 5):

- *HPDA Servers* – 3.499 млрд. долларов;
- *HPC-Based AI* – 1.039 млрд. долларов.

К 2024 году, согласно прогнозам, эти сегменты достигнут следующих значений:

- *HPDA Servers* – 7.8 млрд. долларов;
- *HPC-Based AI* – 3.8 млрд. долларов.

Таким образом, в период с 2020 по 2024 гг. ожидается следующий рост специализированных сегментов: объем *HPDA Servers* увеличится на +122.9%, объем *HPC-Based AI* – на +265.7%. Для



сравнения: объем рынка *HPC* в целом вырастет на +51.7%.

6. Основные финансовые показатели лидеров рынка *HPC*

Как мы уже неоднократно отмечали, высокая позиция в мировом суперкомпьютерном рейтинге *Top500* (и даже “просто” попадание в первую десятку) является свидетельством технологического лидерства компании-суперкомпьютеростроителя, однако это совершенно не гарантирует ей высокого места при ранжировании по суммарной выручке от реализации *HPC*-систем.

Далее мы будем ссылаться на некоторые данные 57-го списка *Top500*, опубликованного в июне 2021 года, который обсуждался в предыдущей части нашего обзора [3].

Что касается распределения мест в финансовом рейтинге *HPC*-рынка от компании *Hyperion Research* (и ранее – от *IDC*), то изменение соотношения сил лидеров на протяжении последних четырех лет можно оценить по нашим диаграммам (рис. 6, 7). Этим мы сейчас и займемся.

1 Американская компания **Hewlett-Packard Enterprise (HPE)** завершила 2020 год с самым высоким результатом – **4.587 млрд. долларов** или 33.4% от всего объема мировых поставок *HPC*-систем.

В 2019 году показатели были следующими: 5.045 млрд. долларов (37.1%); в 2018 году – 4.766 млрд. долларов (34.8%); в 2017 году – 4.194 млрд. долларов (34.2%).

Напомним, что с 2019 года в финансовых результатах *HPE* учитывается выручка компании *Cray* (которая была приобретена 17 мая 2019 года за 1.3 млрд. долларов, о чём мы подробно писали в предыдущем обзоре [5]), а, начиная с 2017 года, в доход *HPE* засчитывается и выручка компании *SGI*, которая была приобретена за 275 млн. долларов (сделка завершилась 01.11.2016 г.).

По количеству *HPC*-систем и их суммарной производительности в 57-м списке *Top500* компания *HPE* занимает только 2-е место.

2 Американская компания **Dell Technology** (бренд был создан после объединения *Dell* и *EMC*) шестой год подряд занимает 2-е место.

В 2020 году её *HPC*-доходы составили **2.885 млрд. долларов** или 20.8% от всего объема рынка *HPC*, в 2019 году – 2.960 млрд. долларов (21.8%), в

2018 году – 2.857 млрд. (20.8%), в 2017 году – 2.33 млрд. (19%).

При этом по количеству *HPC*-систем в 57-м списке *Top500* компания *Dell* занимает всего лишь 6-е место, а по их суммарной производительности – только 8-е.

3 Японская компания **Fujitsu** впервые за время наших наблюдений поднялась на третье место по *HPC*-доходам, заработав в 2020 году **1.319 млрд. долларов**, что равно 9.6% от всего объема рынка *HPC*.

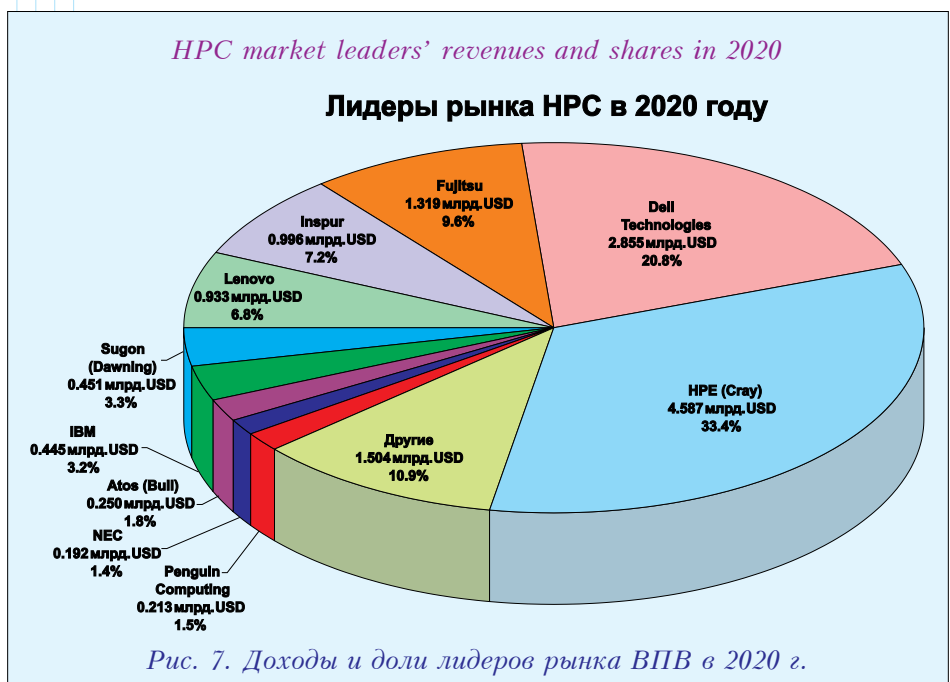
В 2019 году заработок *Fujitsu* соответствовал 8-му месту (292 млн. долларов, 2.0% рынка), в 2018 году – 8-му месту (269 млн. долларов, 2.0% рынка), а в 2017 году – 7-му месту (228 млн. долларов, 1.9% рынка).

В 57-м списке *Top500* компания *Fujitsu* занимает 6-е место по количеству *HPC*-систем, но по их суммарной производительности – первое.

4 Китайская компания **Inspur Electronics** в 2020 году второй год подряд заняла четвертое место, которое ей обеспечили следующие результаты: выручка от продажи *HPC*-систем – **0.996 млрд. долларов** или 7.2% от всего объема рынка.

Годом ранее, в 2019 году компания заработала 0.851 млрд. долларов (6.3% рынка).

В 2018 году заработок компании соответствовал пятому месту с выручкой от продажи *HPC*-систем в размере 0.788 млрд. долларов (5.7% рынка). А тремя годами ранее, в 2017-м, когда компания *Inspur* впервые появилась в финансовом рейтинге *Hyperion Research*, сразу заняв 4-е место, она имела доход от продажи *HPC*-систем в размере 0.74 млрд. долларов и рыночную долю 6.2%.



В 57-м списке *Top500* компания *Inspur* занимает 4-е место по количеству *HPC*-систем и 7-е место по их суммарной производительности.

5 Китайская компания **Lenovo** заняла 4-е место. В 2020 году выручка *Lenovo* от продажи *HPC*-систем составила **0.933 млрд. долларов** или 6.8% от всего объема рынка.

Годом ранее, в 2019-м, компания заняла 3-е место с выручкой от продажи *HPC*-систем в размере 0.889 млрд. (6.4% от всего объема рынка). До этого показатели были следующими: в 2018 году – 0.957 млрд. (7%), в 2017 году – 0.87 млрд. долларов (7.3%).

По количеству *HPC*-систем в 57-м списке *Top500* компания *Lenovo* находится на первом месте, а по их суммарной производительности – на третьем.

В заключение этого раздела обратим внимание, что **IBM** в 2020 году заняла лишь 7-е место по *HPC*-доходам с показателями **445 млн. долларов** или 3.2% рынка. В 57-м списке *Top500* компания *IBM* занимает 8-е место по количеству *HPC*-систем, а по их суммарной производительности – четвертое, при этом в “горячую десятку” *Top500* входят две системы от *IBM*.

7. Рынок *HPC*-систем как сегмент расширенного рынка *HPC*

Расширенный *HPC*-рынок (*Broader Market*), классификация которого была предложена еще компанией *IDC*, включает следующие сегменты:

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

До недавнего времени аналитики *Hyperion Research* обходились этой классификацией, однако расширение облачного применения ВПВ побудило их внести изменения:

- на смену сегменту *Servers* пришел сегмент “локальные *HPC*-системы” (*On-Premise Servers*) – этим подчеркивается, что высокопроизводительные вычисления осуществляются не в облаке;
- добавился сегмент “*HPC* в публичных облаках” (*HPC Public Cloud*).

В 2020 году объем расширенного рынка *HPC* составил 32.050 млрд. долларов (рис. 8). На долю локальных *HPC*-систем приходится 13.744 млрд. долларов или 42.9% рынка. Доля сегмента “*HPC*

Size and structure of broader HPC market for 2019–2020 as well as forecast for 2021–2024

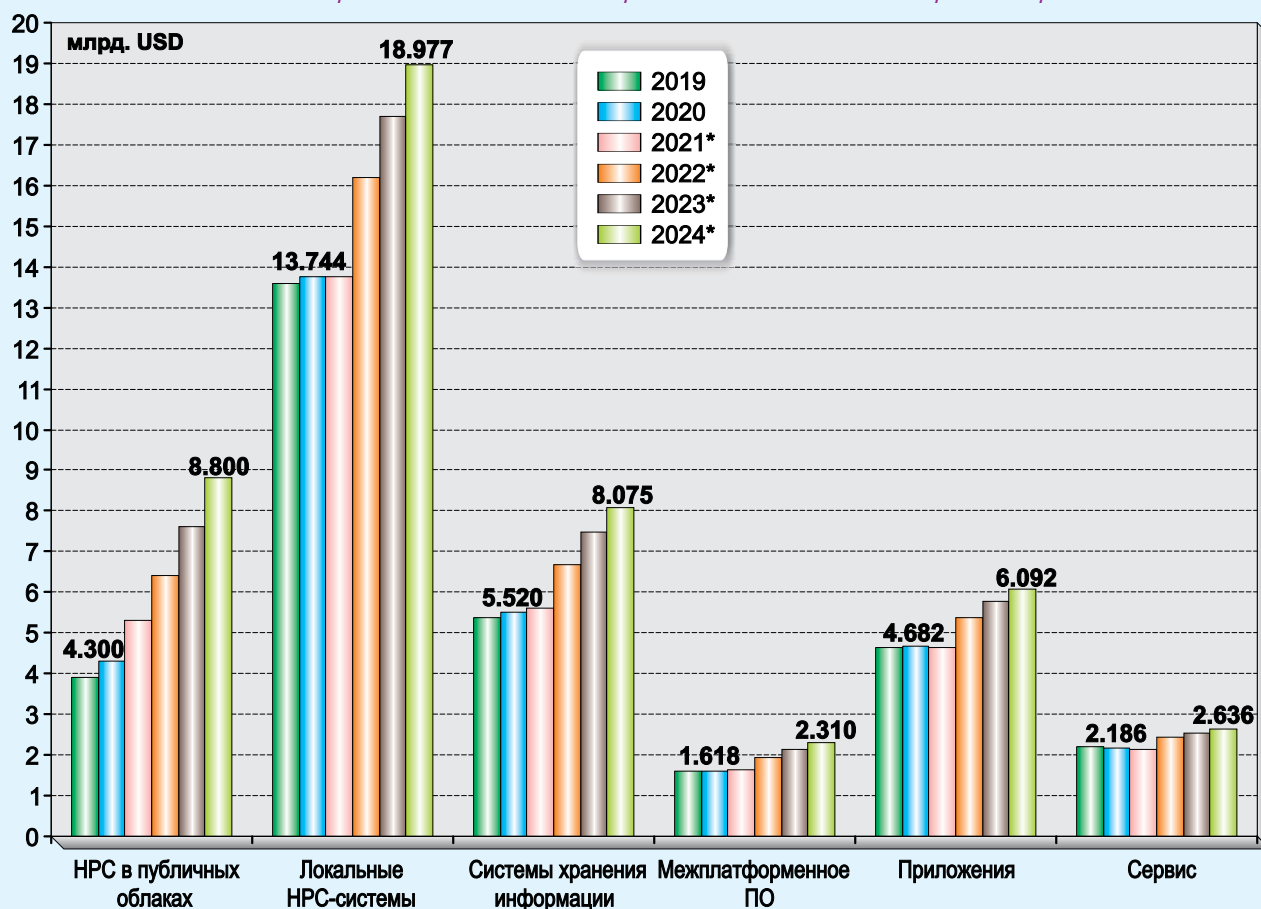


Рис. 8. Объем и структура расширенного рынка ВПВ в 2019–2020 гг., а также прогноз на 2021–2024 гг.

в публичных облаках” составляет 4.3 млрд. долларов или 13.4% рынка (рис. 9).

В соответствии с прогнозом *Hyperion Research*, к 2024 году ожидается увеличение объема расширенного рынка *HPC* до 46.890 млрд. долларов – то есть, в среднем, примерно +10% прироста в год (рис. 8). При этом доля локальных *HPC*-систем в 2024 году уменьшится до 40.5% и составит 8.977 млрд. долларов. Доля *HPC* в публичных облаках увеличится до 18.8% – 8.8 млрд. долларов (рис. 10).

Таким образом, объем сегмента *HPC* в публичных облаках к 2024 году вырастет на +104.7% в сравнении с 2020 годом, тогда как объем сегмента локальных *HPC*-систем увеличится “всего” на +38.1%.

По прогнозу *Hyperion Research*, объем рыночного сегмента высокопроизводительных вычислений в публичных облаках к 2024 году увеличится по сравнению с 2020 годом более чем вдвое (+104.7%) и составит 8.8 млрд. долларов.

Structure of broader HPC market in 2020

Структура расширенного рынка HPC в 2020 году
(объем рынка – 32.050 млрд. USD)

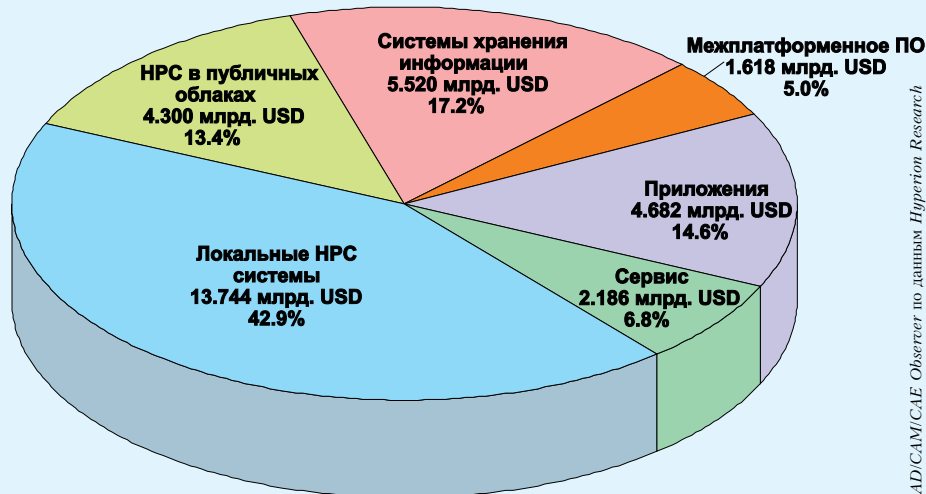


Рис. 9. Структура расширенного рынка ВПВ в 2020 г.

Structure of broader HPC market – forecast for 2024

Прогнозируемая структура расширенного рынка HPC в 2024 году
(объем рынка – 46.890 млрд. USD)

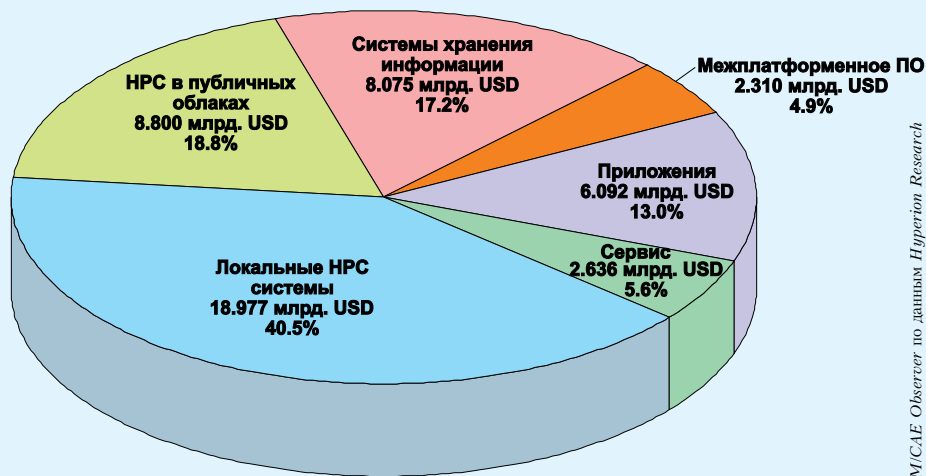


Рис. 10. Прогнозируемая структура расширенного рынка ВПВ в 2024 г.

8. Рынок *HPC*-систем как сегмент серверного рынка

Динамика серверного рынка, сегментом которого является рынок *HPC*, показана на рис. 11 (см. также раздел 3 во второй части нашего обзора [2]).

В 2020 году на долю *HPC*-систем пришлось 15.1% объема серверного рынка. Год назад, в 2019-м, эта доля составляла 15.6%; в 2018 году – 15.41%; в 2017-м – 17.65%.

До этого показатель был близок к одной пятой: в 2016 году – 20.11%; в 2015 году – 19.47%; в 2014 году – 20.07%.

Резюме

Итак, в четвертой части нашего обзора мы рассмотрели следующие рынки:

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

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, но и на те, что не входят в пятерку лидеров финансового рейтинга. В их числе – компании, перечисленные в разделе 5 третьей части нашего обзора [3], посвященного международному рейтингу *Top500*: американская компания *IBM*, французская *Atos*

Servers' and HPC systems' markets sizes and growth rates for 2014–2020

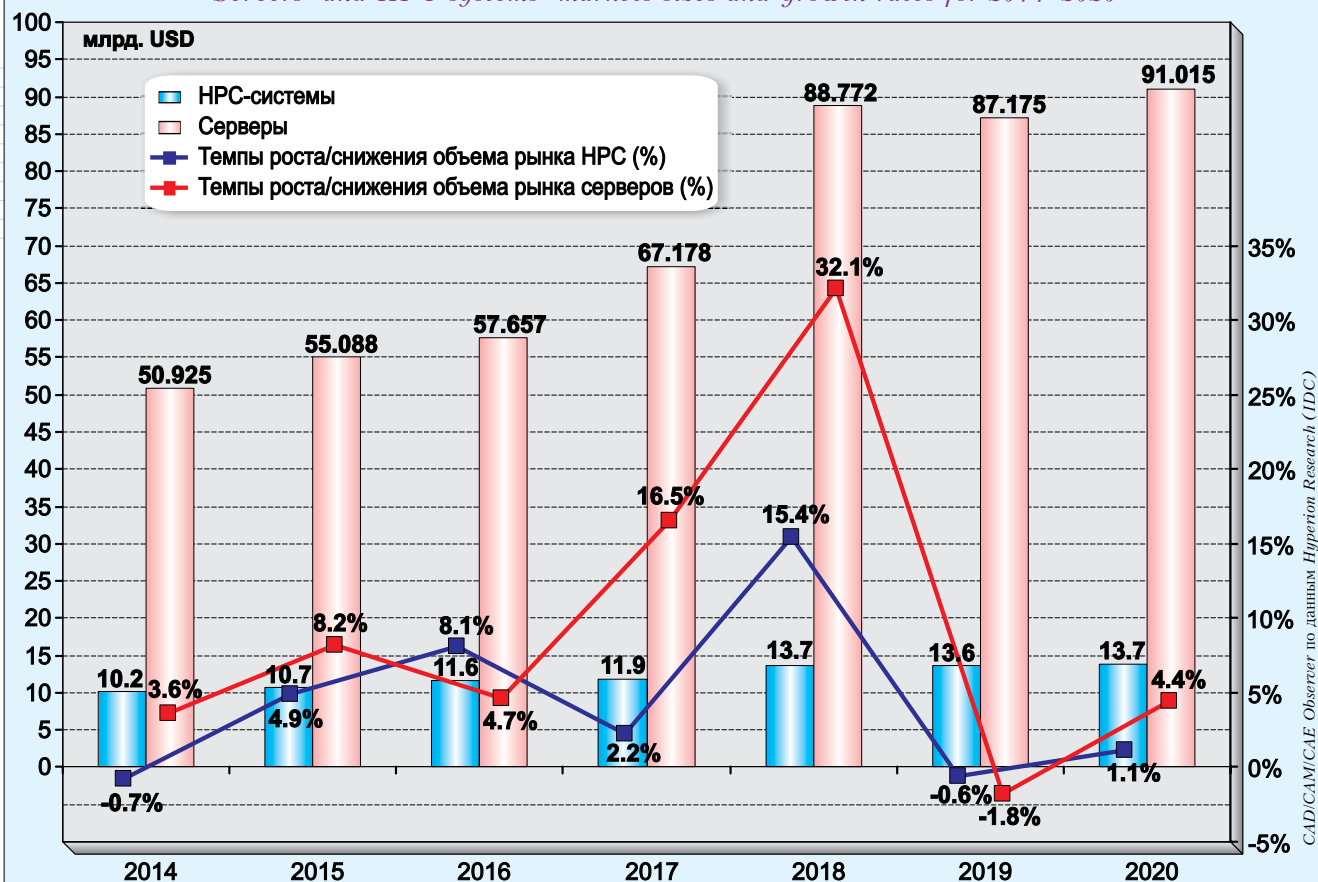


Рис. 11. Объемы и темпы роста/снижения рынков серверов и систем ВПВ в 2014–2020 гг.

(владеющая контрольным пакетом *Bull*), китайская *Sugon (Dawning)*, американские *NVIDIA* и *Microsoft*.

Наблюдения за рынком высокопроизводительных вычислений продолжаются. 🍷

Об авторе:

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

Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Сфера искусственного интеллекта // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №3, с. 72–79.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №4, с. 69–79.

3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №5, с. 63–79.

4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. *HPC*-серверы. Дополнение к части IV. Квантовые вычисления. // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №6, с. 66–76; №7, с. 22–23.

5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. *HPC*-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №4, с. 79–87.

6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. *HPC*-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №4, с. 80–87.

7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений: достижения 2007–2008 годов. Часть I. Рекорды и лидеры *HPC*-рынка и рейтинга *Top500* // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2008, № 7, с. 81–89.

8. Russell J. *The (Resilient) HPC market writ large in 100-plus slides by Hyperion* // www.hpcwire.com/2021/06/28/the-resilient-hpc-market-writ-large-in-100-plus-slides-by-hyperion