Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 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 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. Горячие новости
- Компания *NVIDIA* объявила о приобретении *Arm*

2. Некоторые новости мировой экономики в условиях пандемии
- Государственный долг США
- Цена золота
- Цена на нефть
- Рекорд капитализации компании *Apple*
- Прирост капитализации самых дорогих компаний за период пандемии *COVID-19*
- Началась скупка активов за эмиссионные доллары?

3. Отдача от инвестиций в *HPC*

4. Объем рынка *HPC*

5. Пятилетний прогноз для рынка *HPC*

6. Структура рынка *HPC* на основе классификации *HPC*-систем по стоимости

7. Пятилетний прогноз изменения структуры рынка *HPC*, основанной на стоимости *HPC*-систем

8. Рынок *HPC* в публичных облаках

8.1. Объем облачного сегмента рынка *HPC* в 2019 году и прогноз на 2024 год

8.2. Классификация облачного сегмента рынка *HPC* по областям применения *HPC*-систем

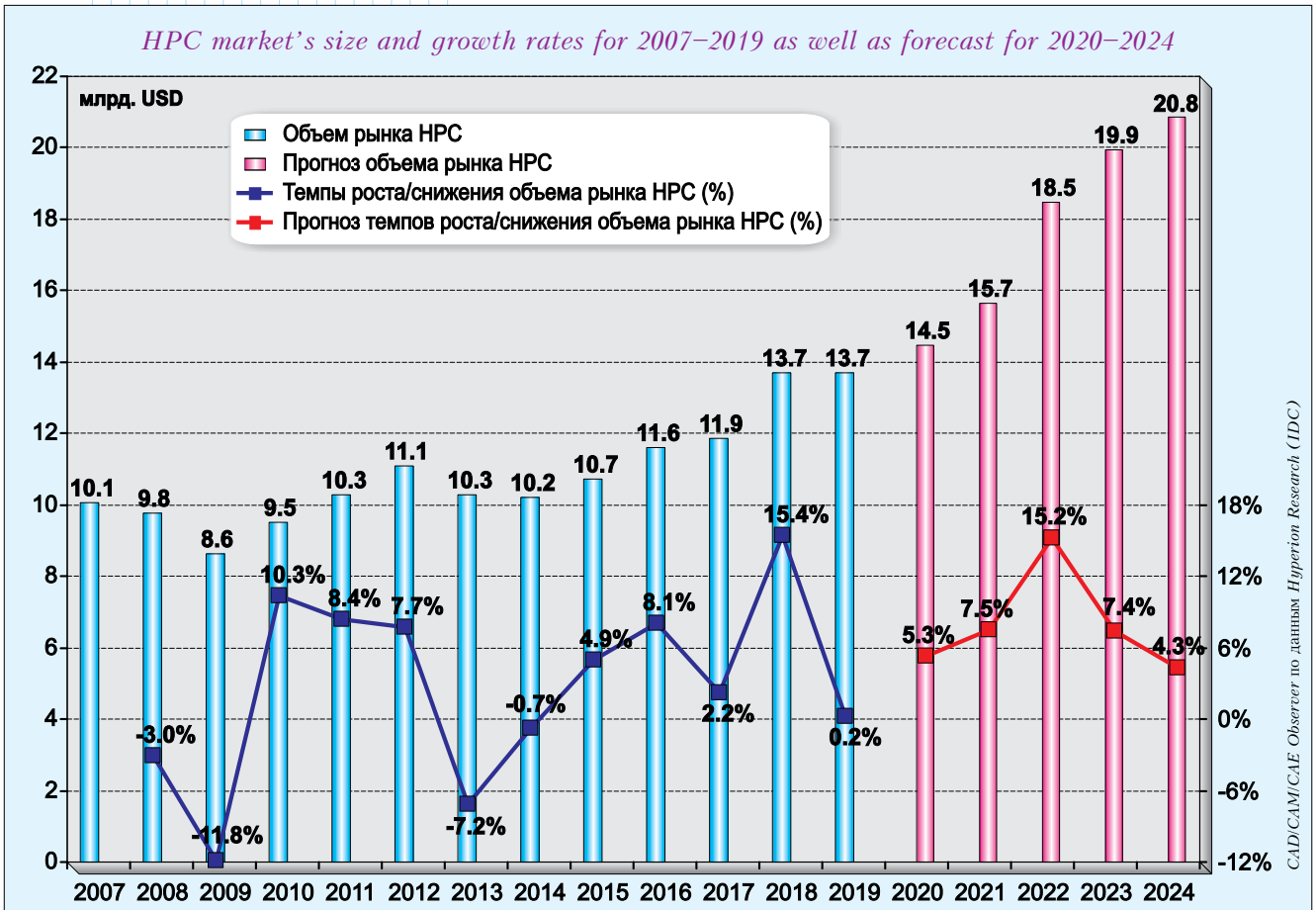

Рис. 1. Объем и темпы роста/снижения рынка ВПВ в 2007–2019 гг., а также прогноз на 2020–2024 гг.

9. Основные финансовые показатели лидеров рынка *HPC*

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

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

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

Напомним, что *Hyperion Research* образовалась на базе *HPC group* компании *IDC* (www.idc.com), которая в составе материнской *International Data Group* (*IDG*) в январе 2017 года была приобретена китайскими инвестиционными компаниями *China Oceanwide Holdings Group Co.* и *IDG Capital*.

Таким образом, в представленных в статье диаграммах будут сочетаться исторические данные компании *IDC* и, начиная с 2016 года, аналитика от *Hyperion Research*. Последние итоги по 2019 году и прогнозы до 2024 года были обнародованы 22 июня 2020 года на ежегодной конференции *ISC High Performance*, которая в условиях коронавирусной пандемии проводилась в режиме онлайн. Напомним, что традиционным местом, где проводится конференция, является Франкфурт (Германия).

Все предыдущие публикации по этой тематике, включая новейшую аналитику [4, 5], по-прежнему свободно доступны на нашем сайте www.cad-cam-cae.ru.

1. Горячие новости

✓ Компания *NVIDIA* объявила о приобретении *Arm*

13 сентября 2020 года американская компания *NVIDIA* объявила о приобретении компании *Arm* со штаб-квартирой в гор. Кембридж (Великобритания) у японской корпорации *SoftBank Group*. Сумма сделки составляет 40 млрд. долларов США. Напомним, что владельцами *Arm* японцы стали 18 июля 2016 года, заплатив за это удовольствие 32.2 млрд. долларов (см. наш обзор пятилетней давности [6]).

Соглашение предусматривает, что *NVIDIA* заплатит корпорации *SoftBank* акциями на сумму 21.5 млрд. долларов и деньгами в размере 12 млрд. долларов, в том числе 2 млрд. – в момент подписания соглашения. Дополнительно корпорация *SoftBank* получит до 5 млрд. долларов наличными или акциями компании *NVIDIA* с учетом прибыли, полученной компанией *Arm* в будущем. Кроме того, *NVIDIA*

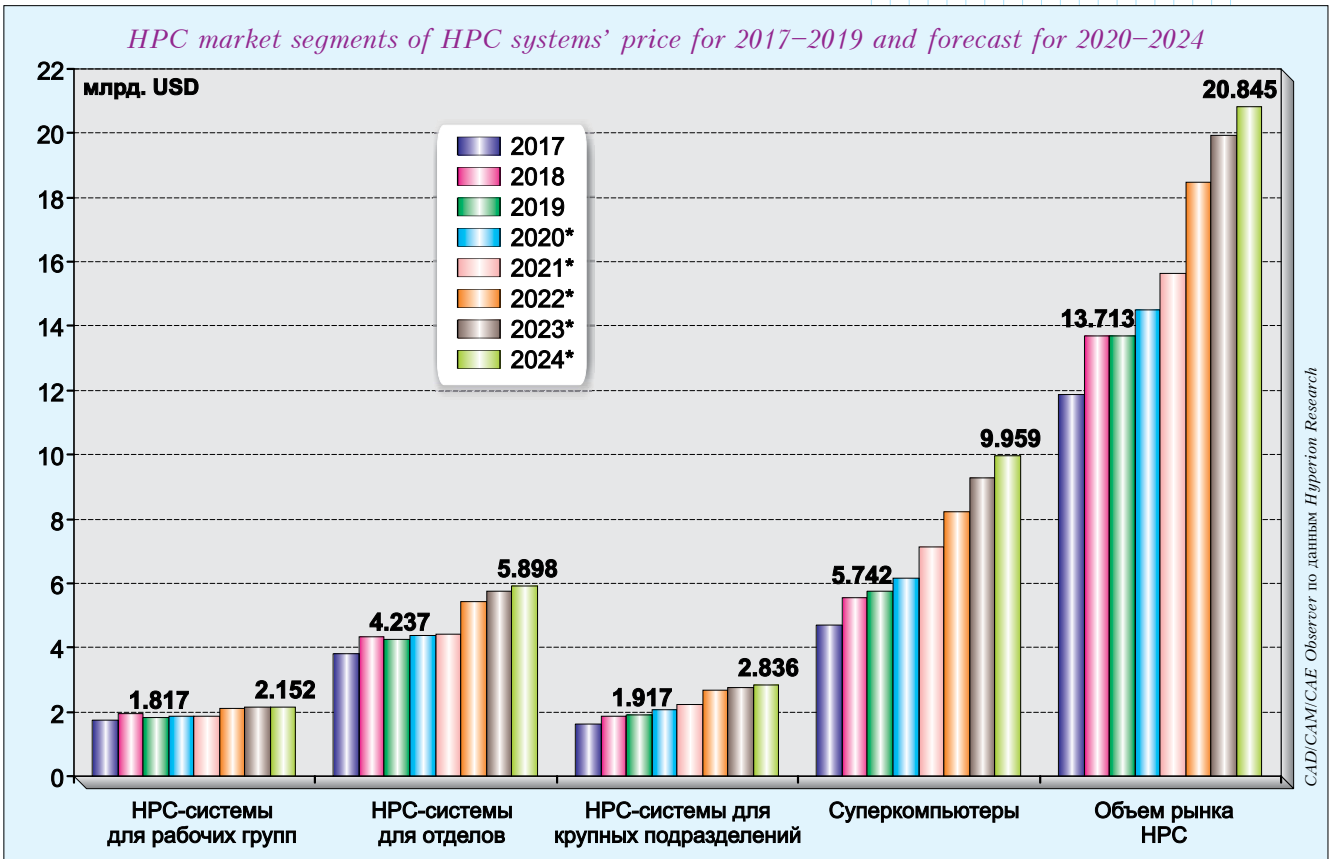

Рис. 2. Структура рынка ВПВ в 2017–2019 гг. и прогноз на 2020–2024 г. в разрезе стоимости систем ВПВ

выплатит 1.5 млрд. долларов сотрудникам компании *Arm*.

Компания *Arm* станет подразделением *NVIDIA*, однако сохранит свою штаб-квартиру в британском Кембридже. Там же будет создан центр исследований и разработок (*R&D*) компаний *NVIDIA* и *Arm*, основным направлением которого будет развитие технологий искусственного интеллекта и обеспечение образования в этой сфере.

Сделку планируется завершить в течение 18 месяцев после её одобрения регулирующими органами Великобритании, Европейского Союза, Китая и США, которые проверят условия сделки на предмет соответствия антимонопольному законодательству. Одобрению будет способствовать условие соглашения, по которому компания *Arm* и в дальнейшем будет следовать своей модели открытого лицензирования своих технологий при сохранении нейтралитета в отношениях со своими заказчиками.

Напомним, что до момента заключения сделки общий объем поставок процессоров на базе архитектуры *Arm* составляет порядка 180 млрд. чипов. В числе разработчиков *Arm*-процессоров значатся американские компании *Apple* и *Qualcomm*, зарегистрированная на Бермудских островах (Британская юрисдикция) компания *Marvell*, китайская компания *Huawei*, корейская *Samsung*, тайваньская *MediaTek* и др. Заслуживает внимания и тот факт, что возглавляет новейший 55-й список международного рейтинга *Top500* японский суперкомпьютер *Fugaku* [3], построенный компанией *Fujitsu* на базе *Arm*-процессора собственной разработки.

2. Некоторые новости мировой экономики в условиях пандемии

Для затравки зафиксируем некоторые важные индикаторы мировой экономики. Предыдущие данные рассматривались в предыдущих [1–3] частях нашего обзора.

✓ **Государственный долг США**

По состоянию на август 2020 года государственный долг США вырос до 26.729 трлн. долларов.

Напомним, что в июне 2020 года этот показатель составлял 26.477 трлн. долларов, а в мае 2020 года – 25.746 трлн. долларов (*tradingeconomics.com/united-states/government-debt*).

✓ **Цена золота**

Цена тройской унции золота (*XAU*) 5 августа 2020 года впервые превысила отметку в 2000 долларов и составила 2048.15 долларов, а днем позже был установлен рекорд – 2067.15 долларов. Напомним, что 1 января 2020 года унция золота стоила на четверть дешевле – 1527.1 долларов США.

✓ **Цена на нефть**

Цена нефти марки *Urals* на 14.09.2020 г. составляла 40.15 *USD/bbl*; марки *Brent* – 39.53 *USD/bbl*; марки *WTI* – 37.2 *USD/bbl* (*https://oilprice.com/ru/Нефтяные-котировки*). Восстановим в памяти ситуацию двухмесячной давности: на 19.07.2020 г. цена нефти марки *Brent* составляла 43.14 *USD/bbl*; марки *Urals* – 42.6 *USD/bbl*; марки *WTI* – 40.59 *USD/bbl*.

✓ **Рекорд капитализации компании *Apple***

Рыночная капитализация американской компании *Apple* во время торгов на бирже *Nasdaq* 19 августа 2020 года первой в мире преодолела рубеж в 2 трлн. долларов. По состоянию на 7 сентября 2020 года этот показатель составляет 2.069 трлн. долларов, что на 58.5% превышает значение, зафиксированное 31 декабря 2019 года – 1.305 трлн. долларов [7].

✓ **Прирост капитализации самых дорогих компаний за период пандемии *COVID-19***

Отметим, что суммарная капитализация шести самых дорогих технологических компаний (*Apple*, *Microsoft*, *Amazon*, *Alphabet*, *Facebook* и *Tesla*) в

HPC market segments of HPC systems' price in 2019

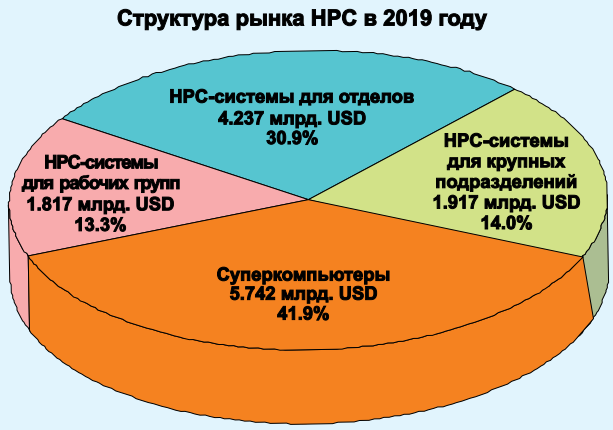

Рис. 3. Структура рынка ВПВ в 2019 г. в разрезе стоимости систем ВПВ

CAD/CAM/CAE Observer по данным *Hyperion Research*

HPC market segments of HPC systems' price – forecast for 2024

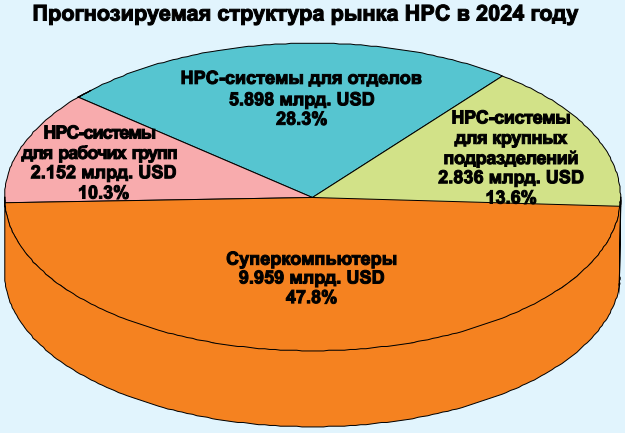

Рис. 4. Прогноз структуры рынка ВПВ в 2024 г. в разрезе стоимости систем ВПВ

период с января по август 2020 года выросла с 5 до 8.2 трлн. долларов (на +64%). Таким образом, можно утверждать, что большая часть суммы, на которую увеличился государственный долг США в результате эмиссии, осуществленной Федеральной резервной системой в период коронавирусной пандемии, перекочевала в карманы биржевых спекулянтов.

✓ **Началась скупка активов за эмиссионные доллары?**

По данным портала *finance.yahoo.com*, капитализация компании *NVIDIA* на 14 сентября 2020 года составила 350.175 млрд. долларов. Таким образом, с 31 декабря 2019 года этот показатель вырос с 144 млрд. долларов почти в 2.5 раза (на +143.2%).

Если посмотреть на условия вышеупомянутой сделки по приобретению компании *Arm*, то видно, что более половины суммы покрывается акциями *NVIDIA*. На надутом эмиссионными долларами американском фондовом рынке созданы предпосылки для скупки активов с использованием надутых в цене акций... Как мы помним, у слова "надувать" в русском языке есть два значения...

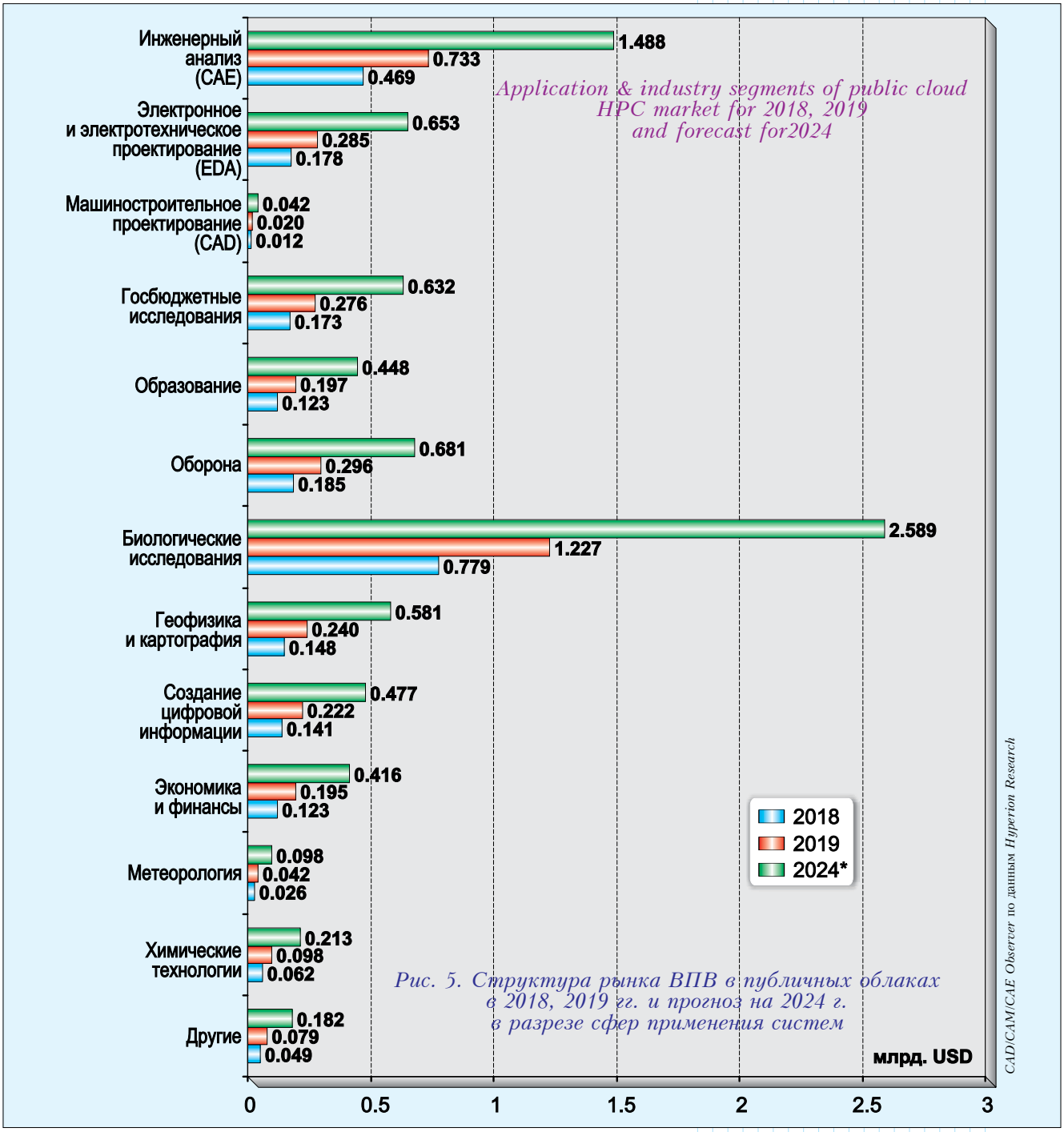

Рис. 5. Структура рынка ВПВ в публичных облаках в 2018, 2019 гг. и прогноз на 2024 г. в разрезе сфер применения систем

3. Отдача от инвестиций в *HPC*

В июле 2020 года компания *Hyperion Research* опубликовала результаты исследования под названием *"HPC investments bring high returns"*, выполненного при финансовой поддержке компаний *Dell Technologies* и *Intel*. На основе анализа мировой практики применения *HPC*-систем (всего изучено 150 кейсов) сделаны оценки эффективности инвестиций (*Return of Investments – ROI*). В табл. 1 приведен средний доход (*average revenue*), а также средняя прибыль (*average of profit*) или сокращение затрат (*average of cost saving*) на единицу инвестиций для нескольких сфер применения системы *HPC*.

Как показало исследование, *HPC*-технологии в среднем (для рассмотренных сфер применения *HPC*-систем) приносят 44 доллара США на 1 доллар инвестиций. Таким образом, по оценке аналитиков *Hyperion Research*, самая дорогая из *HPC*-систем для рабочей группы (*Workgroup*) стоимостью 100 тыс. долларов (см. классификацию в разделе 6) в среднем приносит 4.4 млн. долларов (!) прибыли.

К первой тройке самых прибыльных направлений применения *HPC* (табл. 1) относятся сфера финансов (*$61*), нефтегазовая отрасль (*$54*) и биологические науки (*$41*); в скобках указана прибыль на доллар инвестиций.

Табл. 1. Отдача на единицу инвестиций в системы *HPC*

Сфера применения *HPC*	Средний доход, *USD*	Средняя прибыль или сокращение затрат, *USD*
Финансы	834	61
Нефтегазовая отрасль	416	54
Биологические науки	160	41
Телекоммуникации	211	30
Производство	83	20
Транспорт	1804	16
Розничная торговля	30	12
Страхование	71	–

Примечание: таблица составлена с использованием данных компании Hyperion Research (июль 2020 г.)

4. Объем рынка *HPC*

По результатам 2019 года объем рынка *HPC* достиг 13.713 млрд. долларов (рис. 1), при этом прирост составил всего +0.2% по сравнению с 2018 годом, когда объем был 13.683 млрд. долларов.

Вспомним ситуацию в предыдущий период. Зафиксированный в 2018 году прирост +15.4% по сравнению с 2017 годом, когда объем составил 11.854 млрд. долларов, оказался рекордным за весь период с 2007 года (напомним, что тогда аналитическая компания *IDC* изменила методику оценки рынка *HPC;* освежить в памяти подробности можно в нашем обзоре 12-летней давности [7]).

До этого темпы роста двузначными не были. Так, в 2017 году по сравнению с 2016-м (11.595 млрд.) прирост составил всего +2.2%. Ранее, в 2016 году, объем рынка увеличился на +8.1% в сравнении с 2015 годом (объем – 10.725 млрд.), а в 2015 году рынок вырос всего на +4.9% в сравнении с 2014-м (10.2 млрд. долларов).

Согласно данным аналитической компании *Hyperion Research*, объем рынка *HPC*-систем в 2019 году составил 13.713 млрд. долларов при росте +0.2% в сравнении с 2018 годом.

Впрочем, до этого два года подряд, как сейчас любят говорить, темпы роста были отрицательными: в 2014 году объем рынка *HPC* (10.2 млрд. долларов) уменьшился по сравнению с 2013 годом (10.3 млрд.) на -0.7%, а в 2013 году сокращение

Application & industry segments of public cloud HPC market in 2019

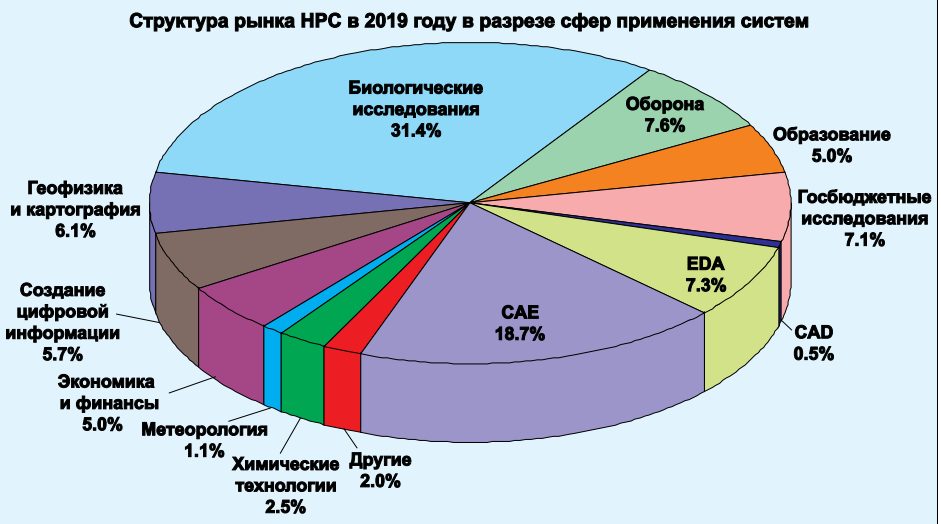

Рис. 6. Структура рынка ВПВ в публичных облаках в 2019 г. в разрезе сфер применения систем

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

составило -7.2% по сравнению с достижениями 2012-го (11.1 млрд.).

Таким образом, в 2015 году вернулся тренд 2010–2012 годов. В 2012 году рынок вырос на +7.8% по сравнению с 2011-м; в свою очередь, в 2011 году рост был +8.4% – до 10.3 млрд. В 2010-м, первом посткризисном году, рынок *HPC* вырос на +10.3% в сравнении с 2009-м – до 9.5 млрд. долларов.

До того как в 2010 году начался период роста, ситуация была обратной: объем рынка уменьшался. В кризисном 2009-м он ужался на -11.8% в сравнении с 2008 годом – до 8.6 млрд. И до этого, в 2008 году, объем рынка уменьшался, сумев достичь лишь показателя 9.8 млрд. – то есть -3% в сравнении с 2007-м (как мы уже упоминали выше, в 2007 году аналитики *IDC* сделали переоценку объема рынка по новой методике и получили цифру 10.1 млрд. долларов [8]).

5. Пятилетний прогноз для рынка *HPC*

Опираясь на результаты 2019 года, аналитики компании *Hyperion Research* прогнозируют уверенный рост объема рынка *HPC* в течение пяти лет – до 20.844 млрд. долларов в 2024 году (рис. 1).

Усредненные за пять лет прогнозируемые темпы роста составляют +8.75%. Разброс темпов роста, довольно значительный по годам, отражает анонсы инсталляций суперкомпьютеров, которые по производительности относятся к классу экзафлопсников или их прототипов. С таблицей планируемых инсталляций можно ознакомиться на слайде №52 в презентации аналитиков *Hyperion Research* на международной конференции *SuperComputing'19* в гор. Денвер (шт. Колорадо, США) 19 ноября 2019 года (*https://hyperionresearch.com/wp-content/uploads/2019/11/Hyperion-Research-SC19-Breakfast-Briefing-Presentation-Nov-19-2019.pdf*), то есть в доковидную эпоху; коронавирус, по всей видимости, внесет определенные коррективы.

Напомним, что годом ранее (см. прошлогодний обзор [4]), прогноз среднегодовых темпов роста в течение пяти лет был менее оптимистичным (+7.3%). Однако оценки роста объема рынка *HPC* к 2023 году до 19.979 млрд. долларов, приведенные в прошлогоднем обзоре, почти не изменились и в новейшем прогнозе: ожидаемый объем рынка в 2023 году составляет 19.940 млрд. долларов.

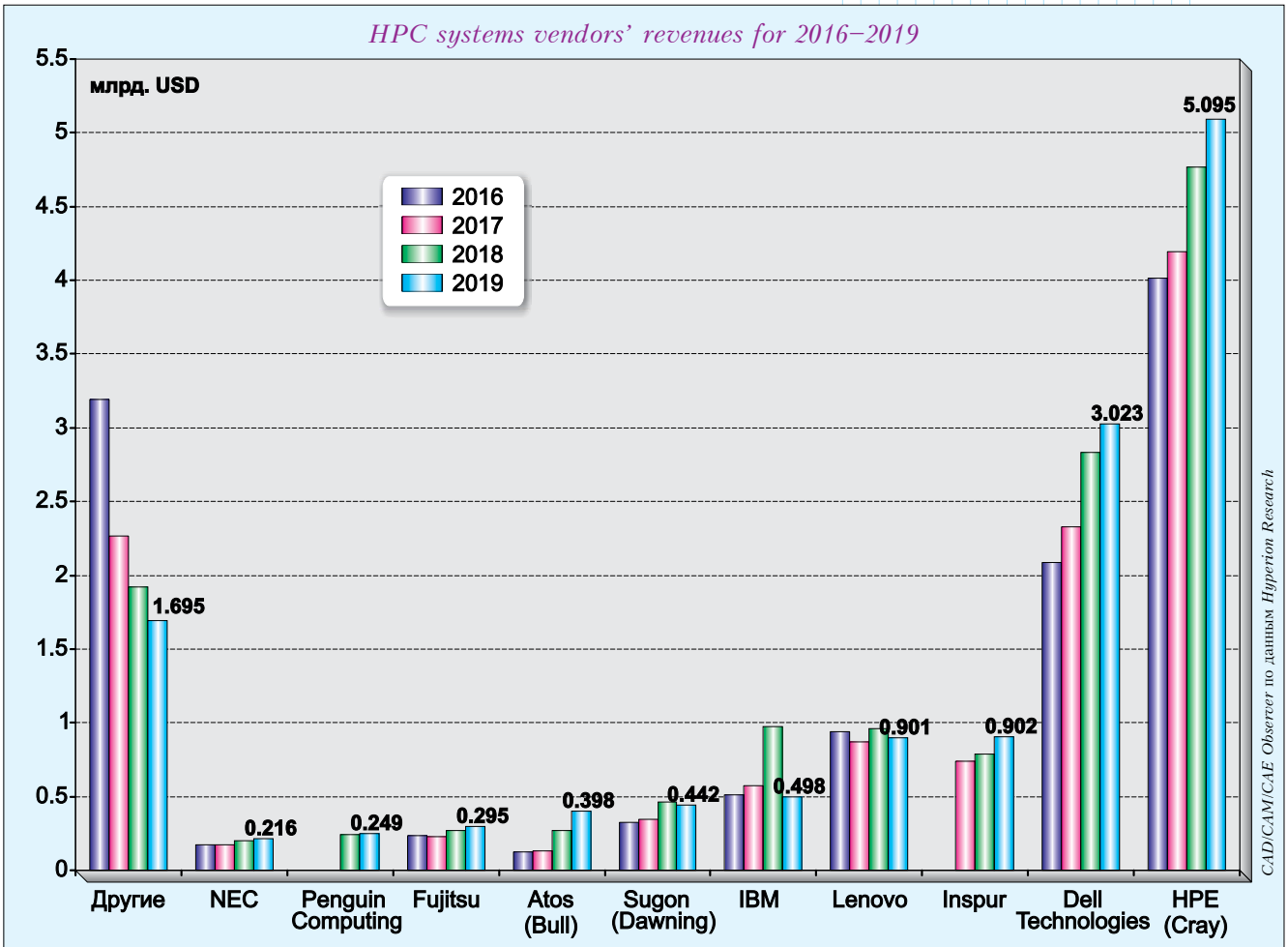

Рис. 7. Доходы поставщиков систем ВПВ в 2016–2019 гг.

6. 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 2019 году сегменты рынка *HPC* достигли следующих значений в денежном выражении (рис. 2):

- *Supercomputers* – 5.742 млрд. долларов;
- *Divisional* – 1.917 млрд. долларов;
- *Departmental* – 4.237 млрд. долларов;
- *Workgroup* – 1.817 млрд. долларов.

Таким образом, в сравнении с 2018 годом сегменты *Supercomputers* и *Departmental* увеличились, а сегменты *Divisional* и *Workgroup* уменьшились.

По результатам 2019 года рыночный пирог поделился между *HPC*-системами различной стоимости следующим образом (рис. 3):

- *Supercomputers* – 41.9%;
- *Divisional* – 14.0%;
- *Departmental* – 30.9%;
- *Workgroup* – 13.3%.

Для сравнения вспомним, как выглядела картина в прошлом.

В 2018 году – 39.1%, 17.9%, 28.3% и 14.7% соответственно.

В 2017 году – 39.5%, 18.7%, 27.5% и 14.3%.

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

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

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

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

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

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

7. Пятилетний прогноз изменения структуры рынка *HPC*, основанной на стоимости *HPC*-систем

Аналитики компании *Hyperion Research* прогнозируют, что к 2024 году сегменты рынка *HPC* достигнут следующих значений в денежном выражении (рис. 3, 4):

- *Supercomputers* – 9.959 млрд. долларов;
- *Divisional* – 2.836 млрд. долларов;
- *Departmental* – 5.898 млрд. долларов;
- *Workgroup* – 2.152 млрд. долларов.

Таким образом, в период с 2019 по 2024 гг. ожидается следующий рост объемов всех сегментов: *Supercomputers* – на +73.4%, *Divisional* – на +47.9%, *Departmental* – на +39.2%, *Workgroup* – на +18.3%, а объем рынка *HPC* в целом вырастет на +52%.

Ожидается, что в 2024 году рыночный пирог будет распределяться примерно так (рис. 4):

- *Supercomputers* – 47.8%;
- *Divisional* – 13.6%;
- *Departmental* – 28.3%;
- *Workgroup* – 10.3%.

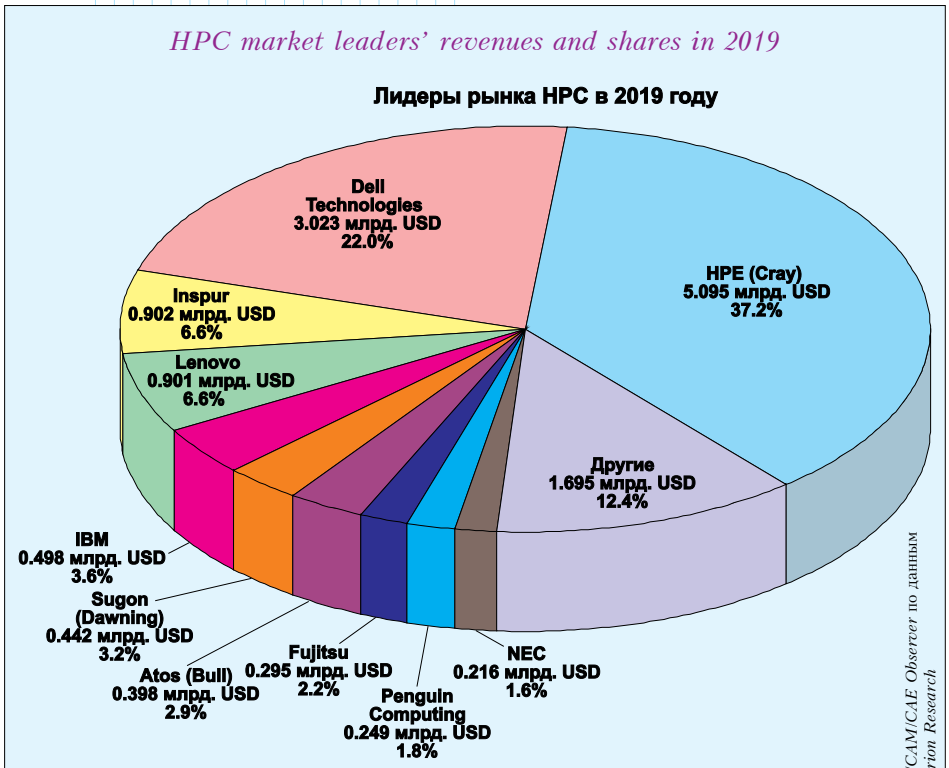

Рис. 8. Доходы и доли лидеров рынка ВПВ в 2019 г.

8. Рынок *HPC* в публичных облаках

8.1. Объем облачного сегмента рынка *HPC* в 2019 году и прогноз на 2024 год

По данным *Hyperion Research*, объем рынка *HPC* в целом в 2019 году в сравнении с 2018 годом вырос всего на +0.2% – с 13.683 до 13.713 млрд. долларов (см. раздел 4), тогда как *HPC*-сегмент в публичных облаках за тот же период вырос на +58.4% – с 2.468 до 3.91 млрд. долларов. При этом доля инвестиций в оборудование для обеспечения высокопроизводительных вычислений в публичных облаках в 2019 году достигла 28.5% – против 18% в 2018 году.

По данным *Hyperion Research*, объем рыночного сегмента суперкомпьютерных систем, обеспечивающих высокопроизводительные вычисления в публичных облаках, 2019 году составил 3.91 млрд. долларов или 28.5% объема рынка *HPC* в целом.

Прогноз *Hyperion Research* показывает, что объем сегмента *HPC* в публичных облаках к 2024 году вырастет до 8.5 млрд. долларов или более чем вдвое (+117.4%) в сравнении с 2019 годом, тогда как объем рынка *HPC* в целом вырастет "всего" в полтора раза (на +52%), до 20.845 млрд. долларов. При этом доля инвестиций в оборудование для обеспечения *HPC* в публичных облаках к 2024 году достигнет 40.8%.

По прогнозу *Hyperion Research*, объем рыночного сегмента суперкомпьютерных систем, обеспечивающих высокопроизводительные вычисления в публичных облаках к 2024 году, составит 8.5 млрд. долларов или 40.8% объема рынка *HPC* в целом.

8.2. Классификация облачного сегмента рынка *HPC* по областям применения *HPC*-систем

Аналитики из *Hyperion Research* сохранили классификацию по областям применения *HPC*-систем для *HPC*-сегмента в публичных облаках такой же, как и для рынка *HPC* в целом (см. предыдущий обзор [4]).

В соответствии с данными *Hyperion Research* для 2019 года (рис. 5, 6), большинство суперкомпьютеров, на приобретение и эксплуатацию которых была затрачена самая значительная доля средств (общий объем сегмента рынка в 2019 году – 3.91 млрд. долларов), использовалось для поддержки высокопроизводительных вычислений в публичных облаках для следующих направлений:

- пионерские исследования в области биологии – 31.4% (1.227 млрд. долларов);
- инженерный анализ проектируемых изделий – 18.7% (0.733 млрд.);
- оборонные разработки – 7.6% (0.296 млрд.);
- электронное и электротехническое проектирование – 7.3% (0.285 млрд.);
- проведение перспективных исследований, финансируемых из госбюджета – 7.1% (0.276 млрд.).

На приобретение и эксплуатацию *HPC*-систем в публичных облаках для нужд проектирования наукоемких и высокотехнологичных изделий различного назначения в 2019 году было затрачено 26.5% (1.038 млрд. долларов), в том числе:

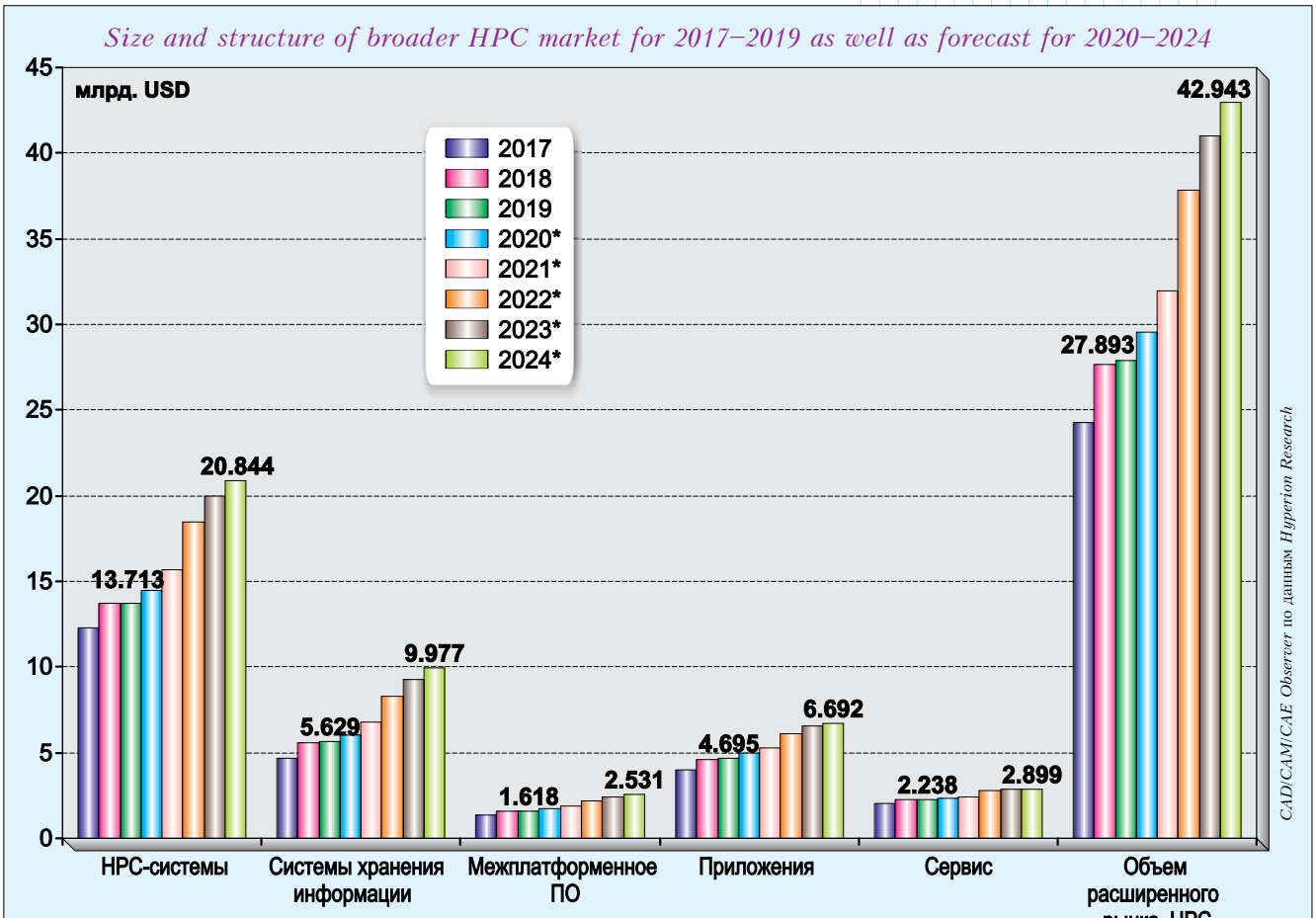

Рис. 9. Объем и структура расширенного рынка ВПВ в 2017–2019 гг., а также прогноз на 2020–2024 гг.

• для машиностроительного проектирования – 1.9% (0.02 млрд. долларов);

• для электронного и электротехнического проектирования – 27.5% (0.285 млрд.);

• для проведения сложного инженерного анализа проектируемых изделий с применением передовых *CAE*-инструментов – 70.6% (0.733 млрд.).

По данным *Hyperion Research*, объем рыночного сегмента суперкомпьютерных систем, задействованных в 2019 году в качестве аппаратной поддержки *PLM* в публичных облаках, составил 1.038 млрд. долларов, из которых 27.5% отводилось на *EDA*-системы и 70.6% – на *CAE*.

Для сравнения приведем данные по направлению *PLM* за 2019 год:

• аппаратная поддержка сферы *PLM* в целом – 0.659 млрд. долларов;

• применение *EDA*-систем – 27%;

• применение *CAE*-систем – 71.2%.

9. 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 совершенно не гарантирует ей высокого места при ранжировании по суммарной выручке от реализации *HPC*-систем.

Далее мы будем ссылаться на некоторые данные 55-го списка *Top500*, опубликованного в июне 2020 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*), изменение соотношения сил лидеров на протяжении последних четырех лет можно оценить по нашим диаграммам (рис. 7, 8). Этим мы сейчас и займемся:

1 Компания ***Hewlett-Packard Enterprise* (*HPE*)** завершила 2019 год с самым высоким результатом – **5.095 млрд. долларов** или 37.2% от всего объема мировых поставок *HPC*-систем.

В 2018 году показатели были следующими: 4.766 млрд. долларов (34.8%); в 2017 году – 4.194 млрд. долларов (34.2%); в 2016 году – 4.014 млрд. долларов (34.6%); в 2015 году – 3.845 млрд. долларов или 35.9%.

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 [3]. Напомним, что, начиная с 2017 года, в доход *HPE*

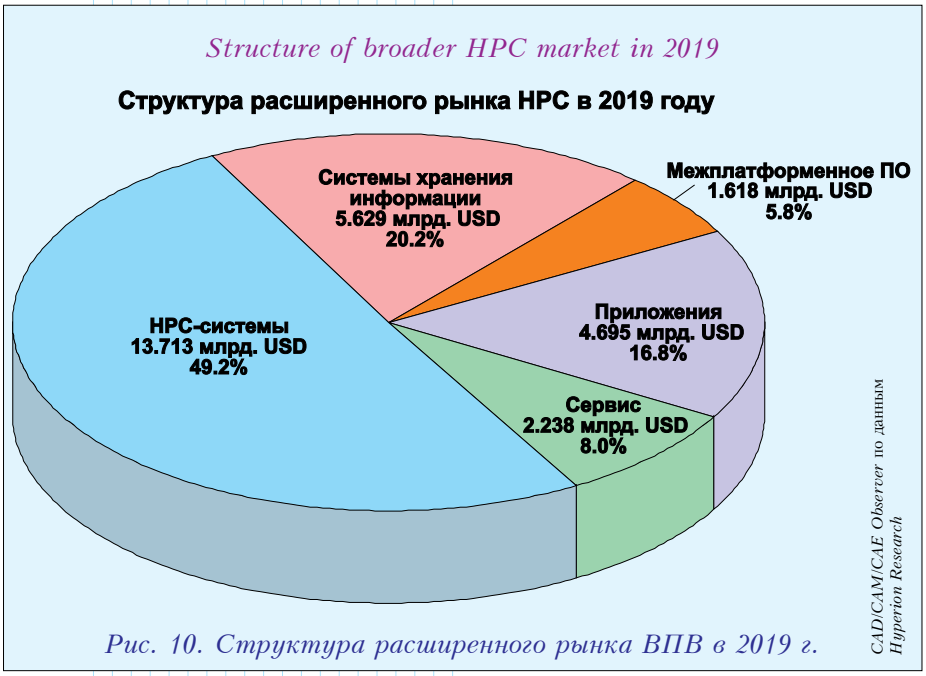

Рис. 10. Структура расширенного рынка ВПВ в 2019 г.

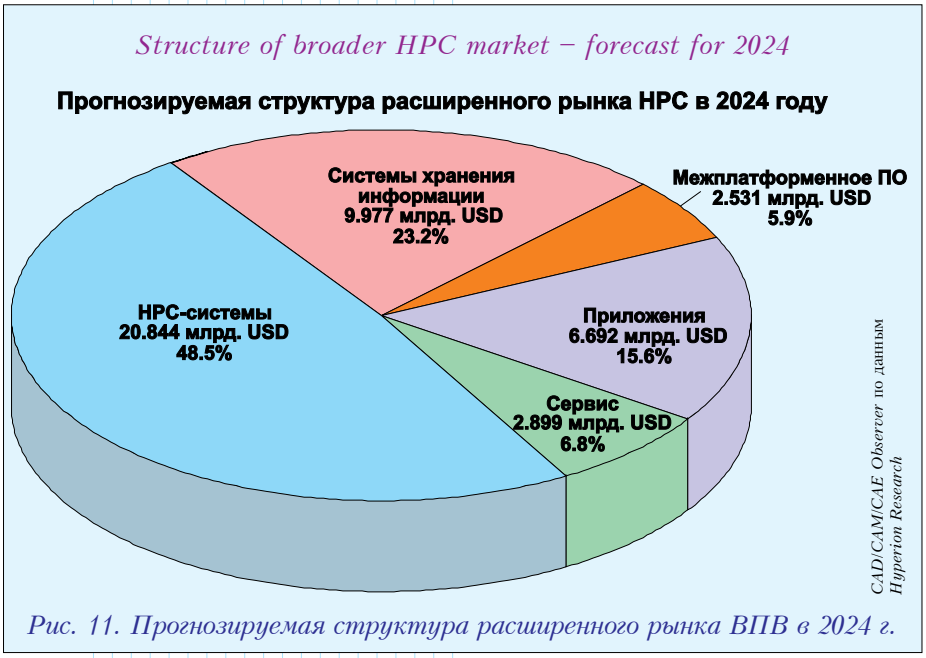

Рис. 11. Прогнозируемая структура расширенного рынка ВПВ в 2024 г.

насчитывается и выручка компании *SGI*, которая была приобретена за 275 млн. долларов (сделка завершилась 01.11.2016 г.).

По количеству *HPC*-систем в 55-м списке *Top500* компания *HPE* занимает только 2-е место, а по суммарной производительности систем – 4-е место.

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

В 2019 году её *HPC*-доходы составили **3.023 млрд. долларов** или 22% от всего объема рынка *HPC*, в 2018 году – 2.857 млрд. (20.8%), в 2017 году – 2.33 млрд. (19%), в 2016 году – 2.085 млрд. (18%), а в 2015 году – 1.697 млрд. долларов или 15.9% общего объема.

При этом по количеству *HPC*-систем в 55-м списке *Top500* компания *Dell* занимает всего лишь 8-е место, а по их суммарной производительности – только 9-е.

3 Китайская компания ***Inspur Electronics*** в 2019 году впервые поднялась на третье место, которое ей обеспечили следующие результаты: выручка от продажи *HPC*-систем – **0.902 млрд. долларов** или 6.6% от всего объема рынка.

В 2018 году компания второй раз подряд заняла пятое место с выручкой от продажи *HPC*-систем в размере 0.788 млрд. долларов (5.7% рынка). Двумя годами ранее, в 2017 году, когда компания впервые появилась в финансовом рейтинге *Hyperion Research,* её доход от продажи *HPC*-систем был 0.74 млрд. долларов, а рыночная доля – 6%.

В 55-м списке *Top500* компания *Inspur* занимает 4-е место по количеству *HPC*-систем и 5-е место по их суммарной производительности.

4 Китайская компания ***Lenovo*** второй год подряд заняла 4-е место. В 2019 году выручка *Lenovo* от продажи *HPC*-систем составила **0.901 млрд. долларов** или 6.6% от всего объема рынка.

До этого показатели были следующими: в 2018 году – 0.957 млрд. (7%), в 2017 году – 0.87 млрд. (7.1%), в 2016 году – 0.941 млрд. (8.1%), в 2015 году – 1.493 млрд. долларов или 14% всего объема.

После приобретения у *IBM* части бизнеса, относящегося к серверам на базе процессоров с системой команд *x86*, в 2018 году *Lenovo* впервые уступила *IBM* третье место в финансовом рейтинге, которое до этого занимала три года подряд.

По количеству *HPC*-систем в 55-м списке *Top500* компания *Lenovo* находится на первом месте, а по их суммарной производительности – на втором.

5 Пятое место по *HPC*-доходам досталось компании ***IBM***, которая в 2019 году заработала лишь **498 млн. долларов**, что равно 3.6% от всего объема рынка *HPC*.

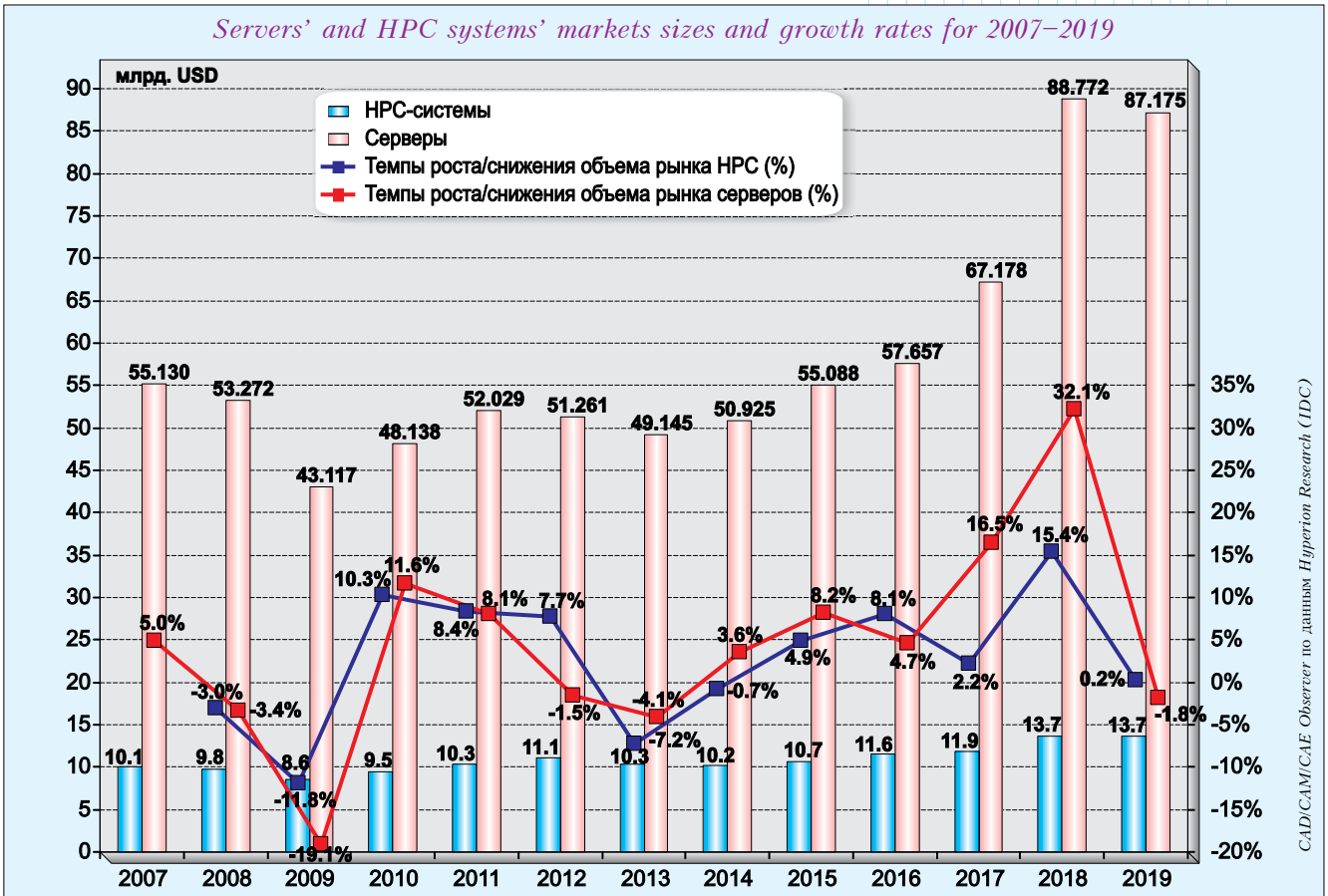

Рис. 12. Объемы и темпы роста/снижения рынков серверов и систем ВПВ в 2007–2019 гг.

В 2018 году заработок *IBM* соответствовал 3-му месту (971 млн. долларов, 7.1% рынка), а в 2017 году – пятому (575 млн. долларов, 4.7% рынка). Три года назад, в 2016-м, доходы компании обеспечили ей 4-е место (509 млн. долларов, 4.4%), а четыре года назад, в 2015-м, тоже 5-е (434 млн. долларов, 4.1% рынка).

В 55-м списке *Top500* компания *IBM* занимает 6-е место по количеству *HPC*-систем, а по их суммарной производительности – второе.

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

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

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

Всё вышеописанное представляет собой структуру расширенного *HPC*-рынка (*Broader Market*). Такая классификация была предложена еще компанией *IDC*, и *Hyperion Research* её придерживается.

В 2019 году объем расширенного рынка *HPC* составил 27.893 млрд. долларов (рис. 9). На долю *HPC*-систем приходится 13.713 млрд. долларов или почти половина (49.2%) этого объема (рис. 10).

Годом ранее, в 2018 году объем расширенного рынка *HPC* составлял 27.694 млрд. долларов, а доля *HPC*-систем была чуть меньше половины (49.5%) или 13.706 млрд. долларов. Двумя годами ранее, в 2017 году объем расширенного рынка *HPC* составлял 24.274 млрд. долларов, а доля *HPC*-систем была чуть больше половины (50.5%) или 12.262 млрд. долларов.

В соответствии с прогнозом *Hyperion Research*, к 2024 году ожидается увеличение объема расширенного рынка *HPC* до 42.943 млрд. долларов (рис. 9), то есть в среднем примерно по +9% роста в год. Доля *HPC*-систем в 2024 году также будет составлять более половины (48.5%) – 20.844 млрд. долларов (рис. 11).

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

Динамика серверного рынка, сегментом которого является рынок *HPC*, показана на рис. 12 (см. также раздел 3 во второй части нашего обзора [2]).

В 2019 году на долю *HPC*-систем пришлось 15.73% объема серверного рынка; год назад, в 2018-м, доля составляла 15.41%, два года назад, в 2017-м – 17.65%.

Для сравнения: в 2016 году эта доля была чуть больше одной пятой – 20.11%; в 2015 году – 19.47%; в 2014 году – 20.07%; в 2013 году – 20.96%.

Резюме

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

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

Чтобы представление о рынке *HPC* было достаточно полным, при подготовке обзоров мы традиционно обращаем пристальное внимание не только на компании, выделенные полужирным шрифтом (кстати, эти же названия перечислены и в резюме ко второй части настоящего обзора [2]), но и на те, что не входят в пятерку лидеров финансового рейтинга. Среди них: китайская *Sugon (Dawning)*, французская *Atos* (владеющая контрольным пакетом *Bull*) и, конечно, японская компания *Fujitsu*, возглавившая 55-й список международного рейтинга *Top500* как создатель самого быстродействующего на данный момент суперкомпьютера *Fugaku*.

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 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Мировая экономика в период пандемии коронавируса // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №3, с. 71–79.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №4, с. 68–79.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №5, с. 6–21.
4. 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.
5. 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.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №5, с. 4–17.
7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VII. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №1, с. 67–79.
8. 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.