

Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков

Часть VIII. Планы и прогнозы

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Предлагаем вниманию читателей 8-ю, заключительную, часть обзора систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*, в которой обсуждаются планы компаний и прогнозы, касающиеся развития информационных и коммуникационных технологий.

Напомним, что комплексный обзор мы готовим уже в шестой раз. Что же касается периода 2017–2018 гг., то уже опубликованы первая [1], вторая [2], третья [3], четвертая [4], пятая [5], шестая [6] и седьмая [7] части. Все материалы свободно доступны на сайте нашего журнала: www.cad-cam-cae.ru.

В восьмой части (в предыдущем обзоре этой тематике была посвящена часть VI [8]) представлена актуализированная информация, собранная за прошедший 2018 год, которая распределена по следующим двум разделам:

1 Финансовые ресурсы и интеллектуальные заделы для развития

- Величина R&D-бюджета
- Количество зарегистрированных патентов

2 Прогнозы

- IDC: ключевые тенденции 2019 года
- Gartner: циклы зрелости инновационных технологий в 2018 году.

При подготовке обзора мы опираемся на регулярно публикуемые данные:

- ежегодное исследование “*EU Industrial R&D Investment Scoreboard*”, подготавливаемое по заказу Европейской Комиссии в рамках проекта “*Economics of Industrial Research and Innovation*” (iri.jrc.ec.europa.eu);

- ежегодный рейтинг “*Top 50 US Patent Assignees*”, подготавливаемый компанией *IFI CLAIMS Patent Services* (www.ificlaims.com) со штаб-квартирой в гор. Нью-Хейвен (шт. Коннектикут, США).

R&D expenses for 2014–2017 of Top10 companies-leaders in 2017 according to annual research “EU Industrial R&D Scoreboard”

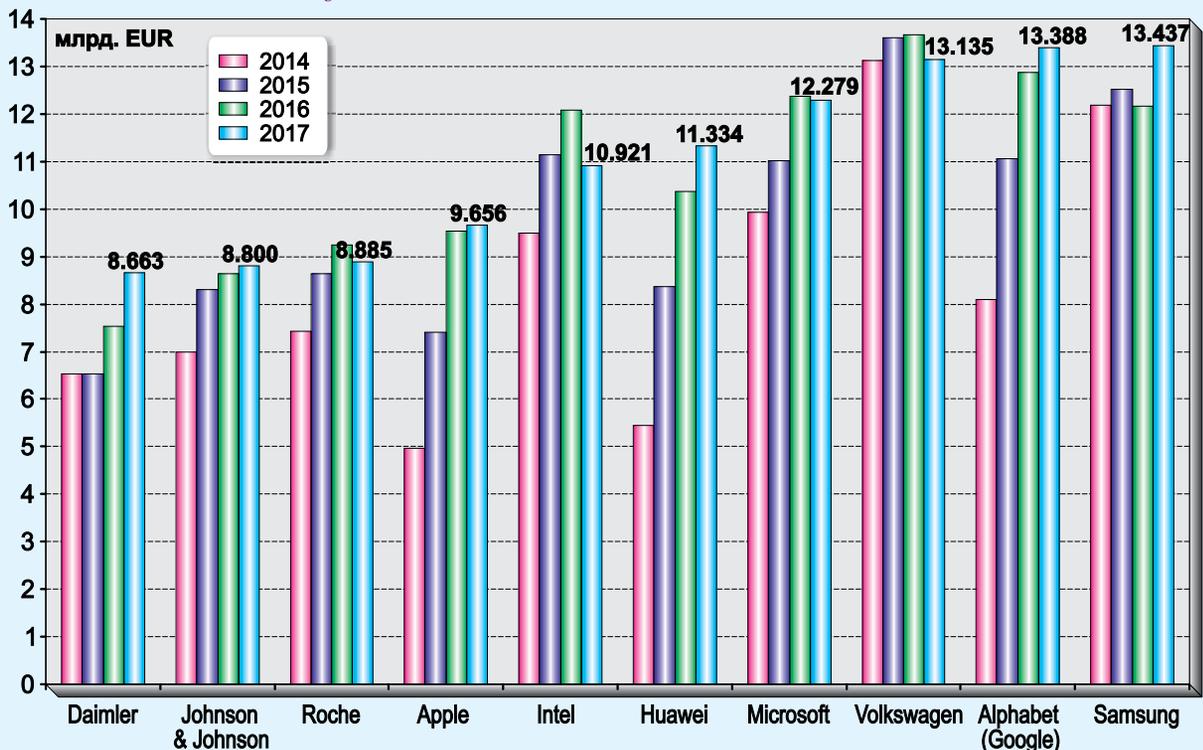


Рис. 1. Расходы на НИОКР в 2014–2017 гг. у первой десятки компаний, лидировавших по этому показателю в 2017 г. (по данным EU Industrial R&D Scoreboard)

CAD/CAM/CAE Observer по данным исследования “EU Industrial R&D Scoreboard”

Кроме того, мы будем пользоваться ежегодными прогнозами двух аналитических компаний:

- **Gartner** (www.gartner.com) со штаб-квартирой в гор. Стэмфорд (шт. Коннектикут);
- **International Data Corporation** или **IDC** (www.idc.com); её штаб-квартира расположена в гор. Фремингем, шт. Массачусетс.

1. Финансовые ресурсы и интеллектуальные заделы для развития

Как и обычно, начнем с краткого обзора обобщенных данных о находящихся в распоряжении высокотехнологичных компаний финансовых ресурсах и об их интеллектуальных заделах, которые могут быть использованы для развития.

Убедительными доказательствами конкурентных преимуществ в инновационной деятельности служат:

1) бюджет, выделяемый на исследования и разработки (*Research and Development – R&D*), что является необходимым условием создания новых продуктов (рис. 1, табл. 1);

2) зарегистрированные патенты, отражающие результативность проводимых исследований и разработок (рис. 2, табл. 2).

Список рассматриваемых компаний был приведен в предыдущей части нашего обзора

[9, табл. 3], а компании, выведенные за пределы упомянутой таблицы, включены, по возможности, в табл. 1, 2 – чтобы можно было наблюдать за динамикой R&D-инвестиций, что в перспективе может привести к изменению позиций в рейтингах игроков различных рынков.

1.1. Величина R&D-бюджета

Напомним, что показатели инвестиций в R&D публикуются с годичной задержкой, так что приведенные ниже цифры и достижения соответствуют 2017 году.

В 2017 году на первое место по размеру инвестиций в создание новых продуктов вышла компания **Samsung**. Помимо южно-корейского гиганта в первую десятку вошли следующие высокотехнологичные компании: *Alphabet/Google* (2-е место), *Microsoft* (4-е место), *Huawei* (5-е место), *Intel* (6-е место), и *Apple* (7-е место).

По сравнению с раскладом на 2016 год, в 2017 году произошли следующие перемещения: *Microsoft* – с 3-го места на 4-е, *Huawei* – с 6-го места на 5-е, *Intel* – с 5-го места на 6-е.

Напомним также, какие перемещения произошли в 2016 году в сравнении с годом 2015-м: *Alphabet* – с 4-го места на 2-е, *Microsoft* – с 5-го места на 3-е, *Huawei* – с 8-го места на 6-е. При этом компания *Samsung* тогда съехала со 2-го места на 4-е, а *Intel* отодвинули с 3-го места на 5-е.

Patents registered in USA for 2015+2018 of Top12 companies-leaders in 2018

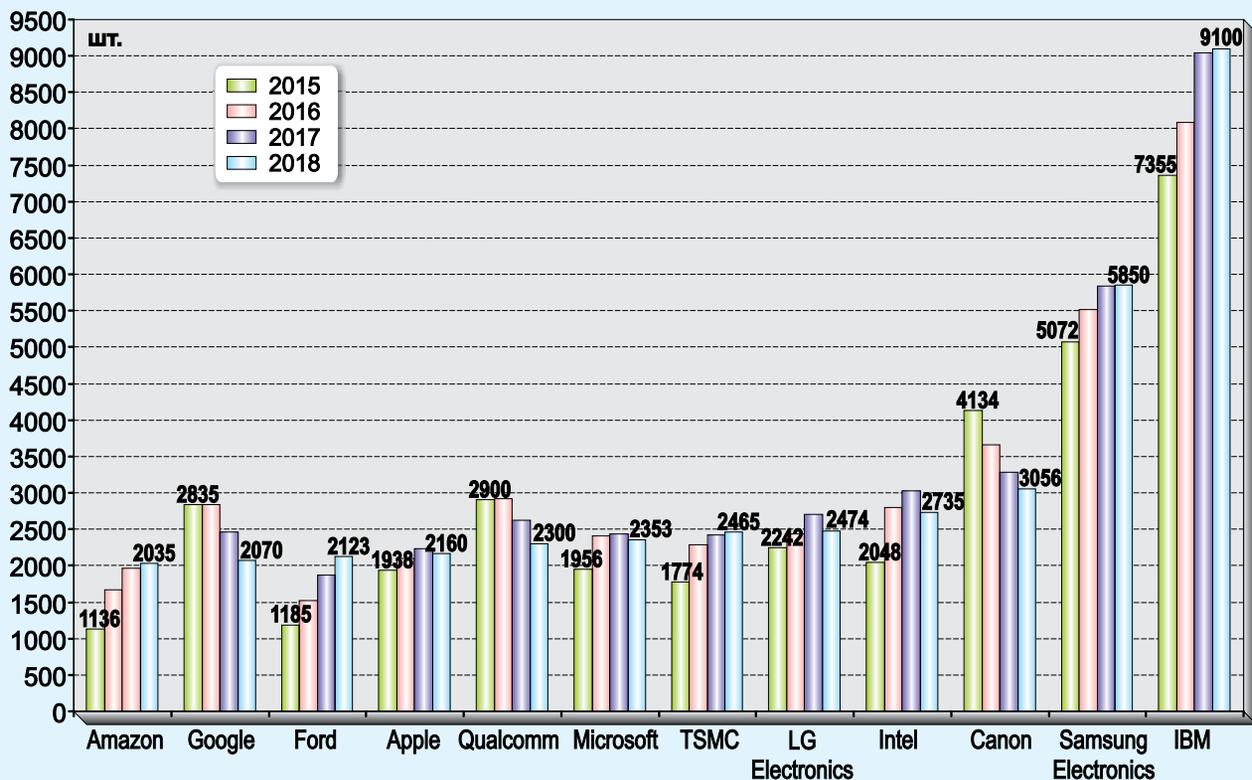


Рис. 2. Число патентов, зарегистрированных в США в 2015–2018 гг., у 12-ти компаний, ставших лидерами по этому показателю в 2018 году

✓ **Самые дорогостоящие компании на конец 2018 года и объемы их R&D-инвестиций в 2017 году**

По всей видимости, прямая взаимосвязь рыночной оценки стоимости компании и размеров инвестиций в создание новейших изделий, отсутствует. Тем любопытнее сопоставить позицию в рейтинге высокотехнологичных компаний, лидирующих по показателю рыночной капитализации [7], и место, занимаемое соответствующей компанией в рейтинге R&D-инвестиций:

- *Microsoft*: стоимость компании на конец 2018 года составила 779.805 млрд. долларов (1-е место), а размер R&D-инвестиций в 2017 году – 12.279 млрд. евро (4-е место);

- *Apple*: 749.061 млрд. долларов (2-е место) – 9.656 млрд. евро (7-е место);
- *Amazon*: 734.417 млрд. долларов (3-е место) – 0.329 млрд. евро (343-е место);
- *Alphabet*: 723.098 млрд. долларов (4-е место) – 13.388 млрд. евро (2-е место).

Напомним, что компания *Apple*, уступив компании *Microsoft* пальму первенства по величине рыночной капитализации, продолжает оставаться обладателем самого дорого бренда [7].

✓ **Объемы R&D-инвестиций у лидеров рынка подключаемых к интернету “умных” устройств**

Компания *Samsung*, лидер рынка подключаемых к интернету “умных” устройств, в 2017 году

Табл. 1. Расходы на НИОКР в 2015–2017 гг. и места, занимаемые лидерами рассматриваемых рынков (по данным EU Industrial R&D Scoreboard)

| Компания | 2015 г. | | 2016 г. | | 2017 г. | |
|--|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| | Место | R&D млрд. EUR | Место | R&D млрд. EUR | Место | R&D млрд. EUR |
| <i>Samsung</i> | 2 | 12.528 | 4 | 12.155 | 1 | 13.437 |
| <i>Alphabet (Google)</i> | 4 | 11.054 | 2 | 12.864 | 2 | 13.388 |
| <i>Microsoft</i> | 5 | 11.011 | 3 | 12.368 | 4 | 12.279 |
| <i>Huawei</i> | 8 | 8.358 | 6 | 10.363 | 5 | 11.334 |
| <i>Intel</i> | 3 | 11.140 | 5 | 12.086 | 6 | 10.921 |
| <i>Apple</i> | 11 | 7.410 | 7 | 9.529 | 7 | 9.656 |
| <i>Oracle</i> | 19 | 5.316 | 17 | 5.843 | 24 | 5.079 |
| <i>Cisco</i> | 17 | 5.701 | 18 | 5.748 | 25 | 5.052 |
| <i>Nokia</i> | 54 | 4.916 | 27 | 4.904 | 27 | 4.904 |
| <i>Qualcomm</i> | 25 | 5.043 | 28 | 4.887 | 28 | 4.557 |
| <i>IBM</i> | 27 | 4.515 | 26 | 4.939 | 32 | 4.263 |
| <i>Dell Technologies</i> | – | – | 51 | 2.692 | 35 | 3.963 |
| <i>EMC</i> | 56 | 2.437 | – | – | – | – |
| <i>Sony</i> | 39 | 3.569 | 41 | 3.634 | 39 | 3.386 |
| <i>Broadcom</i> | 142 | 0.964 | 55 | 2.537 | 52 | 2.745 |
| <i>LG</i> | 48 | 2.718 | 50 | 2.725 | 53 | 2.637 |
| <i>TSMC</i> | 70 | 1.827 | 63 | 2.092 | 60 | 2.255 |
| <i>ZTE</i> | 65 | 1.954 | 70 | 1.861 | 76 | 1.798 |
| <i>MediaTek</i> | 98 | 1.380 | 84 | 1.636 | 83 | 1.597 |
| <i>NVIDIA</i> | 112 | 1.223 | 104 | 1.388 | 94 | 1.498 |
| <i>Salesforce</i> | 152 | 0.875 | 125 | 1.153 | 107 | 1.302 |
| <i>NXP Semiconductors</i> | 178 | 0.734 | 98 | 1.441 | 109 | 1.296 |
| <i>Texas Instruments</i> | 118 | 1.176 | 114 | 1.300 | 111 | 1.257 |
| <i>Hewlett-Packard Enterprise</i> | – | – | 62 | 2.180 | 113 | 1.239 |
| <i>Fujitsu</i> | 100 | 1.371 | 101 | 1.413 | 117 | 1.172 |
| <i>STMicroelectronics</i> | 120 | 1.149 | 119 | 1.229 | 129 | 1.066 |
| <i>Adobe</i> | 167 | 0.792 | 156 | 0.926 | 136 | 1.021 |
| <i>Hewlett-Packard</i> | 42 | 3.217 | 126 | 1.147 | 140 | 0.992 |
| <i>Lenovo</i> | 106 | 1.285 | 121 | 1.190 | 143 | 0.973 |
| <i>AMD</i> | 154 | 0.870 | 151 | 0.956 | 146 | 0.967 |
| <i>ASUS</i> | 324 | 0.361 | 312 | 0.391 | 286 | 0.417 |
| <i>Amazon</i> | 215 | 0.590 | 259 | 0.485 | 343 | 0.329 |
| <i>HTC</i> | 306 | 0.383 | 363 | 0.322 | 423 | 0.322 |
| <i>BlackBerry (Research in motion)</i> | 273 | 0.431 | 405 | 0.287 | 559 | 0.195 |
| <i>Cray</i> | 951 | 0.089 | 894 | 0.106 | 1086 | 0.082 |
| <i>Acer</i> | 1290 | 0.058 | 1351 | 0.060 | 1223 | 0.070 |
| <i>ARM Holdings</i> | 331 | 0.352 | – | – | – | – |

вложила в исследования и разработки 13.437 млрд. евро (1-е место). Это на +39.1% больше, чем у её конкурента, компании *Apple*, инвестиции которой составили 9.656 млрд. евро (7-е место).

Напомним, что в 2016 году *Apple* с показателем 9.529 млрд. евро впервые вошла в первую десятку компаний по размерам R&D-инвестиций, поднявшись вверх сразу на четыре ступени: в 2015 году она занимала 11-е место с показателем 7.410 млрд. евро.

1.2. Количество зарегистрированных патентов

Компания *IBM* уже 26 лет бессменно возглавляет *Top50* по числу ежегодно регистрируемых патентов. В 2018 году ею был установлен **новый абсолютный рекорд – 9100 патентов**. Это на 57 единиц больше, чем предыдущий абсолютный рекорд, установленный ею же в 2017-м (9043 патента), который в свою очередь был на 953 единицы больше, чем в 2016-м (8090 патентов), который был на 735 единиц больше, чем в 2015-м (7355 патентов). Отметим, что в 2015 году – и это был единственный раз за всё время наших наблюдений – этот показатель уступил на 179 единиц продержавшемуся два года её предыдущему абсолютному рекорду, установленному в 2014 году (7534 патента). До этого тенденция была на повышение: рекордный показатель 2014 года на 725 единиц превысил достижение 2013-го (6809 патентов), которое, в свою очередь, на 331 единицу превышало результат 2012 года (6478 патентов).

Второе место занимает компания *Samsung*, зарегистрировавшая в 2018 году **5850 патентов** – это примерно в полтора раза меньше, чем у лидера. Результаты 2017, 2016, 2015 и 2014 годов у *Samsung* составляли 5837, 5518, 5072 и 4952 патента соответственно.

Отметим также значительные перемещения в рейтинге двух ведущих чипмейкеров. Компания *Intel* за прошедшие пять лет перескочила с 18-го места (1455 патентов в 2013 году) на 4-е (2735 патентов в 2018 году). Еще более стремительным оказался взлет компании *TSMC*: за пять лет она поднялась с 35-го места (941 патент в 2013 году) на 6-е (2465 патентов в 2018 году).

Компания *Apple*, которая закрепилась в когорте крупнейших бесфабричных чипмейкеров, занимает 9-е место с показателем 2160 патентов. До этого на протяжении уже четырех лет (2014–2017 гг.) она стабильно занимала 11-е место, которое ей обеспечили 2003, 1938, 2102 и 2229 патентов соответственно.

Кроме того, обратим внимание читателей на гигантский скачок рейтинга ведущего поставщика облачных услуг: компания *Amazon*, впервые попавшая в этот *Top50* в 2014 году, поднялась с 50-го места (745 патентов) на 12-е (2035 патентов в 2018 году).

Напомним, что зарегистрированные патенты отражают эффективность использования бюджета для инновационной деятельности. Кроме того, накопленные пакеты

патентов служат инструментами в конкурентной борьбе компаний-лидеров в различных регионах по всему миру. При оформлении сделок по приобретению компаний, что не является редкостью в процессе консолидации и перераспределения рыночных сегментов, пакеты патентов являются едва ли не определяющими активами.

2. Прогнозы

2.1. IDC: ключевые тенденции 2019 года

По традиции, десятку ключевых технологических тенденций мировой ИТ-индустрии, которые будут преобладать в 2019 году, представил **Frank Gens**, старший вице-президент и главный аналитик компании *IDC* (презентация *IDC FutureScape* состоялась 30 октября 2018 года). Желая освежить в памяти предыдущие топы-10, подготовленные *IDC*, отсылаем к нашим публикациям [8,10–12].

Для наглядности тенденции были представлены в виде диаграммы (рис. 3). Вертикальная ось отражает затраты и сложность освоения каждой из технологий (*Cost/Complexity To Address*). По горизонтальной оси отложено прогнозируемое время освоения той или иной технологии (*Prediction Timing*). Номер каждого кружка на диаграмме (*Bubble Diagram*) является исключительно порядковым номером и не ранжирует важность той или иной технологии для цифровизации экономики.

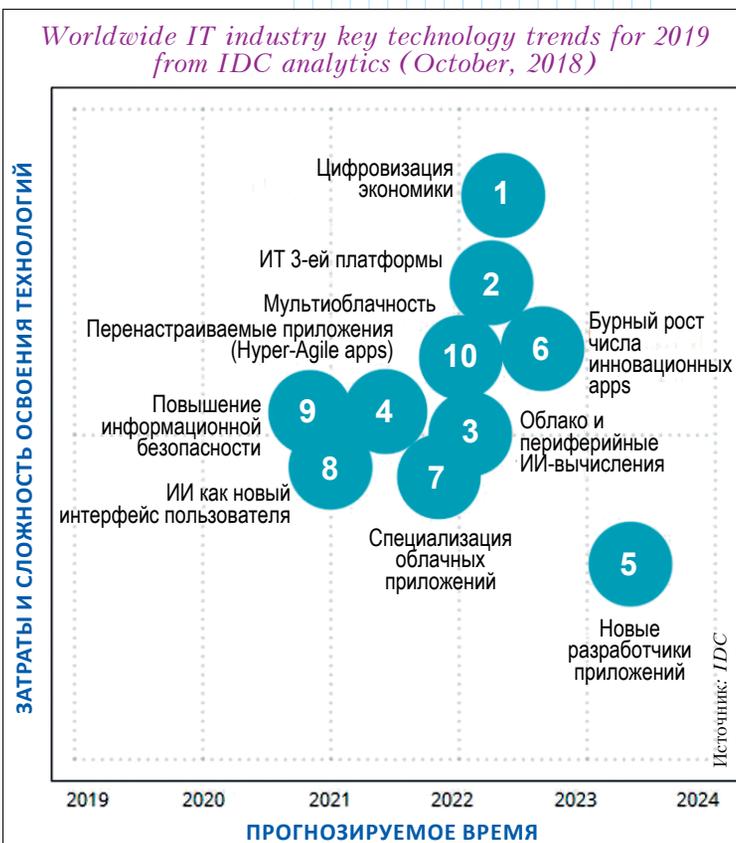


Рис. 3. Ключевые технологические тенденции мировой ИТ-индустрии в 2019 году – прогноз от IDC, октябрь 2018 г.

Теперь сделаем беглый обзор новейшего топа-10 компании IDC. Как обычно, отличия от прошлогоднего списка [8] предлагаем читателям поискать своими силами.

1 Цифровизация экономики

К 2022 году свыше 60% мирового ВВП будет создаваться цифровизированным бизнесом.

Прирост объемов производства каждой отрасли будет обеспечиваться за счет коммерческих предложений, технологических операций и взаимодействий с клиентами, усовершенствованных с применением цифровых технологий.

В 2019–2022 годах мировые расходы на приобретение информационных технологий составят почти 7 трлн. долларов.

2 Информационно-вычислительная среда для цифровизации

К 2023 году 75% от мировых расходов на приобретение ИТ будут связаны с технологиями, относящимися к 3-й платформе (о классификации платформ, предложенной IDC, мы писали в [11]).

Свыше 90% предприятий создадут информационно-вычислительную среду, естественную для

применения цифровых технологий (“digital native IT”), с целью последующей успешной интеграции в цифровую экономику.

3 Облако с интеллектуальными граничными вычислениями

К 2022 году свыше 40% развернутых корпоративных облачных систем будут поддерживать периферийные вычисления (*Edge Computing*). При этом четверть конечных устройств (*endpoint*) и систем будут исполнять интеллектуальные алгоритмы (*AI algorithms*).

4 Революция в разработке приложений

К 2022 году 90% от всех новых приложений (*apps*) будет поддерживать микросервисную архитектуру, которая улучшает возможности для проектирования, отладки, обновления и эффективного применения программ от сторонних разработчиков.

Более трети промышленных приложений будет изначально разработано для применения в облачной среде (*Cloud Native*).

5 Новый класс разработчиков приложений

К 2024 году число разработчиков приложений увеличится на +30%, что будет способствовать переводу

Табл. 2. Количество патентов, зарегистрированных в США лидерами рассматриваемых рынков, и их места в Top50 по этому показателю в 2015–2018 гг.

| Компания | 2015 г. | | 2016 г. | | 2017 г. | | 2018 г. | |
|--|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|
| | Место | Количество патентов |
| IBM | 1 | 7 355 | 1 | 8 090 | 1 | 9 043 | 1 | 9 100 |
| Samsung Electronics | 2 | 5 072 | 2 | 5 521 | 2 | 5 837 | 2 | 5 850 |
| Intel | 9 | 2 048 | 6 | 2 793 | 4 | 3 023 | 4 | 2 735 |
| LG Electronics | 8 | 2 242 | 7 | 2 430 | 5 | 2 701 | 5 | 2 474 |
| TSMC | 13 | 1 774 | 9 | 2 288 | 9 | 2 425 | 6 | 2 465 |
| Microsoft | 10 | 1 956 | 8 | 2 410 | 8 | 2 441 | 7 | 2 353 |
| Qualcomm | 4 | 2 900 | 4 | 2 925 | 6 | 2 628 | 8 | 2 300 |
| Apple | 11 | 1 938 | 11 | 2 103 | 11 | 2 229 | 9 | 2 160 |
| Google | 5 | 2 835 | 5 | 2 842 | 7 | 2 457 | 11 | 2 070 |
| Amazon | 26 | 1 136 | 14 | 1 672 | 13 | 1 963 | 12 | 2 035 |
| Sony | 7 | 2 455 | 10 | 2 184 | 12 | 2 135 | 15 | 1 688 |
| Huawei | 44 | 800 | 25 | 1 202 | 20 | 1 474 | 16 | 1 680 |
| Fujitsu | 19 | 1 467 | 17 | 1 568 | 19 | 1 538 | 29 | 1 038 |
| Cisco | 36 | 960 | 34 | 978 | 31 | 967 | 37 | 785 |
| Texas Instruments | 43 | 808 | 39 | 888 | 36 | 923 | 42 | 923 |
| GlobalFoundries | 60 | 609 | 22 | 1 410 | 40 | 853 | – | – |
| Hewlett-Packard | 22 | 1 304 | – | – | – | – | – | – |
| Всего у компаний – участников обзореваемых рынков | | 37 659 | | 41 304 | | 42 637 | | 39 656 |
| Доля от общего числа патентов в Top50 | | 47.6% | | 50.8% | | 51.6% | | 50.0% |
| Общее число патентов в Top50 | | 79 053 | | 81 311 | | 82 562 | | 79 262 |

бизнеса предприятий на цифровые рельсы (*Digital Transformation, DX*). Это расширение будет происходить благодаря появлению нового класса профессиональных разработчиков, которые будут создавать ПО с помощью продвинутого средств, избавляющих от необходимости непосредственно писать коды.

6 Бурный рост цифровых инноваций

С 2018 по 2023 год будет создано 500 миллионов приложений (*apps*) – такое же количество различных программ было накоплено за прошедшие 40 лет. Этому росту будет способствовать появление новых инструментов и платформ, гибких методов программирования, рост числа разработчиков, а также широкое применение уже разработанного программного кода.

7 Развитие через специализацию

К 2022 году четверть объема вычислений в публичных облаках будет выполняться с помощью процессоров, архитектура которых отличается от традиционной (*x86*). Ожидается и применение квантовых процессоров.

Затраты организаций на специализированные (вертикальные) облачные приложения, предоставляемые по модели *SaaS (Software as a Service* – софт как услуга) к 2022 году будут превышать затраты на горизонтальные приложения, рассчитанные на широкое применение самыми разными пользователями.

8 Искусственный интеллект как новый пользовательский интерфейс

К 2024 году интеллектуальные интерфейсы пользователя и процессы, автоматизированные с применением методов искусственного интеллекта, заменят треть приложений, интерфейсы которых основаны на работе с экраном.

К 2022 году 30% предприятий будут применять интерактивные технологии синтеза и распознавания речи для привлечения клиентов.

9 Расширение и масштабирование информационной безопасности

К 2022 году половина серверов будет шифровать хранимые и передаваемые данные. Свыше 50% предупреждений о нарушении защиты (*Security Alert*) будет обрабатываться автоматически с применением интеллектуальных алгоритмов.

Цифровую идентификацию личности на основе технологии блокчейна будут использовать 150 миллионов человек.

10 Консолидация вокруг “мега-платформ” против мультиоблачности

К 2022 году четыре ведущие облачные “мега-платформы” будут предоставлять инфраструктуру или платформу как сервис (*Infrastructure /Platform as a Service, IaaS/PaaS*) для 80% пользователей. Однако 90% компаний, входящих в список крупнейших глобальных компаний *Global 1000*, будут стараться смягчить зависимость за счет применения мультиоблачных и гибридных технологий и инструментов.

2.2. Gartner: циклы зрелости инновационных технологий в 2018 году

Наиболее продолжительным проектом *Gartner* является ежегодно публикуемое описание циклов зрелости инновационных технологий (*Hype Cycle For Emerging Technologies*), объединяющее перспективы и тренды развития цифровых технологий, относящихся к различным отраслям. Основная цель публикации – дать информацию для размышления людям, отвечающим за выработку стратегии бизнеса, освоение глобального рынка, анализ и формулирование направлений для инноваций, руководителям исследовательских подразделений (*R&D*), коллективам разработчиков инновационных технологий, предпринимателям и другим. Циклы зрелости позволяют заинтересованным компаниям и организациям наблюдать в динамике за процессом созревания технологий, анализировать их прибыльность, а также реакцию рынка на инновации.

По традиции, в 2018 году циклы зрелости инновационных технологий представил **Mike J. Walker**, директор компании *Gartner* по исследованиям. В общей сложности обзор охватывает свыше двух тысяч компьютерных технологий, часть из которых отображена на **рис. 5**. Принятые обозначения подробно обсуждались в [11, **рис. 1**].

В качестве разминки перед чтением нашего предсказа комментариев, подготовленных гартнеровскими аналитиками, предлагаем читателям “найти 10 отличий” в циклах зрелости инновационных технологий, опубликованных компанией *Gartner* в июле 2017 года (**рис. 4**) и августе 2018-го (**рис. 5**), а также в комментариях к ним. Желающих освежить в памяти предыдущие циклы зрелости, подготовленные *Gartner*, отсылаем к нашим предыдущим публикациям [10–13].

Анализируя зрелость инновационных технологий в 2018 году, компания *Gartner* сформулировала следующие **пять ключевых тенденций** технологического развития на ближайшее будущее.

1 Демократизация в сфере искусственного интеллекта

В грядущее десятилетие технологии ИИ станут применяться повсеместно, они станут доступными для массового пользователя. Откроются новые возможности для анализа ситуаций и решения проблем, с которыми ранее не удавалось справиться. Это похоже на тенденции развития облачных вычислений, когда появляются сообщества “производителей” и распространяются программные инструменты с открытым кодом.

Предприятиям, которые планируют своё развитие с учетом этого тренда, следует особо обратить внимание на такие направления:

- интеллектуальные платформы как сервис (*AI Platform as a Service*);
- направление, полагающее, что некоторые формы так называемого “сильного” ИИ действительно могут решать проблемы;
- беспилотное управление транспортным средством (*Autonomous Driving*) 4-го уровня (когда

человек еще может принять на себя управление) и 5-го уровня (транспортное средство самостоятельно решает все задачи управления);

- автономные мобильные роботы (*Autonomous Mobile Robots*);
- интеллектуальная платформа – виртуальный собеседник (*Conversational AI Platform*);
- глубокие нейронные сети (*Deep Neural Nets*);
- беспилотные летательные аппараты – дроны (*Flying Autonomous Vehicles*);
- “умные” роботы (*Smart Robots*);
- виртуальные ассистенты (*Virtual Assistants*).

2 Цифровизированные экосистемы

Инновационные технологии революционно изменяют подходы к разработке и применению компьютерных платформ, предоставляющих развитые вычислительные возможности и обеспечивающих обработку необходимого объема данных и повсеместную доступность экосистем. Переход от создания изолированной технической инфраструктуры к концепции построения платформ, поддерживающих экосистемы, закладывает фундамент для разработки совершенно новых бизнес-моделей, формирующих своего рода мост между людьми и технологиями.

Важнейшие направления, на которые следует обратить внимание:

- цепочка блоков транзакций (*Blockchain*) – технология надежного распределенного хранения достоверных данных о чём угодно (выданных кредитах, правах на собственность, переводах виртуальных денег и т.д.);
- блокчейн-технологии для обеспечения безопасности данных (*Blockchain for Data Security*);
- цифровой двойник (*Digital Twin*) физических объектов, процессов или систем;
- платформы для интернета вещей (*IoT Platform*);
- сети (графы) знаний (*Knowledge Graphs*) – применение семантических технологий и баз знаний, в том числе для повышения качества поиска информации.

3 Биохакинг по собственной инициативе

В ближайшее десятилетие человечество вступит в эру формирования “сверхчеловеческих” качеств, не заложенных в его биологическую природу. Биология человека будет модифицироваться в зависимости от его образа жизни и интересов, а также необходимости поддерживать здоровье. Эти модификации объединяются термином биохакинг (*Biohacking*), в котором можно выделить четыре категории:

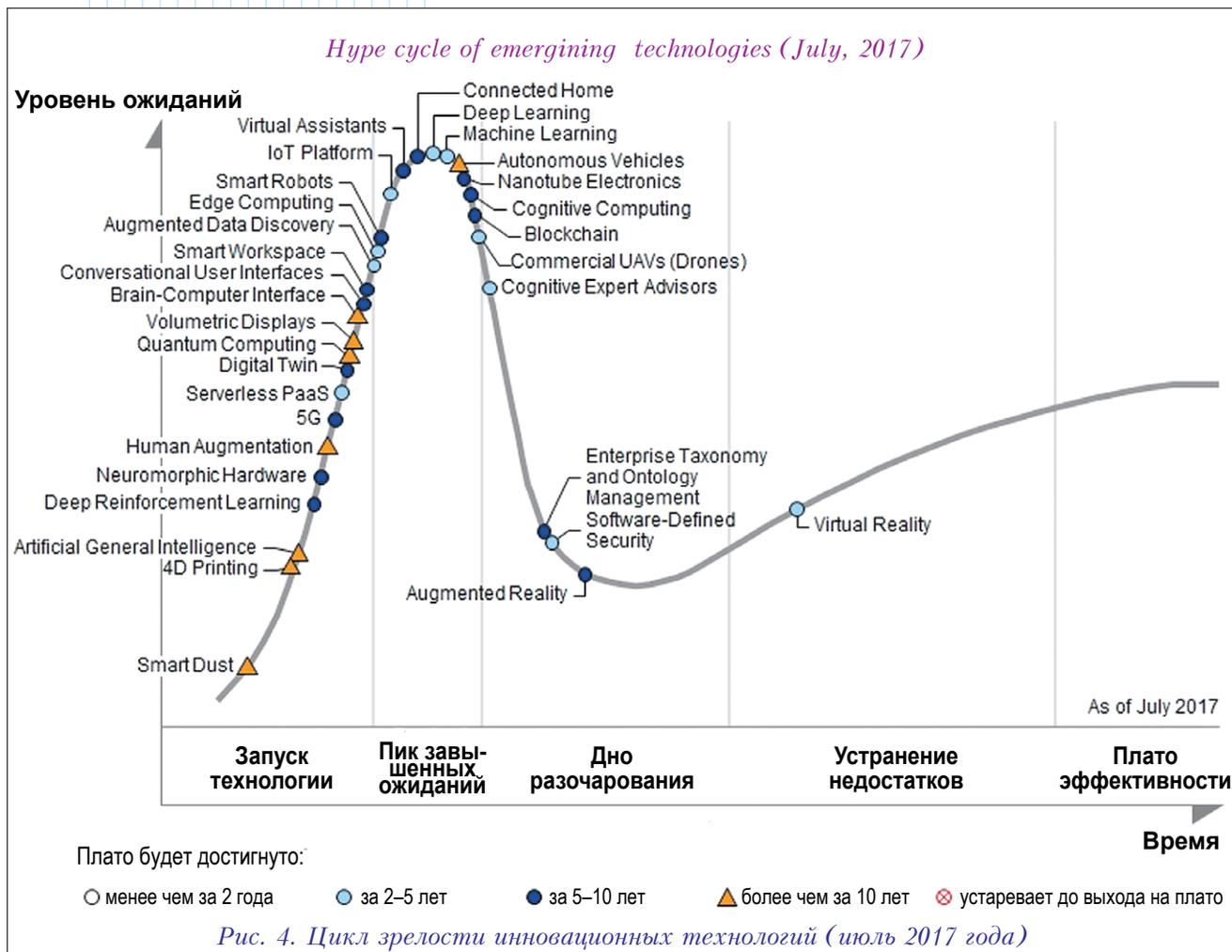


Рис. 4. Цикл зрелости инновационных технологий (июль 2017 года)

- технологии дополнения (*Technology Augmentation*);
- нутригеномика или пищевая геномика (*Nutrigenomics*);
- экспериментальная биология;
- любительские исследования в области молекулярной биологии энтузиастов, которые в своей деятельности придерживаются хакерских принципов применительно к современным биологическим исследованиям (*Grinder Biohacking*).

Однако вопрос о том, насколько общество готово принять такие подходы, а также об этических проблемах, которые при этом возникают, остается открытым.

Ключевые направления, на которые следует обратить внимание:

- биоакустические датчики и биочипы;
- биотехнология – выращенная или искусственная ткань (*Biotech – Cultured or Artificial Tissue*);
- нейрокомпьютерный интерфейс (*Brain-Computer Interface*);
- расширенная или дополненная реальность (*Augmented Reality*) – наложение виртуальных элементов (рисунки, пояснения и пр.) на физический объект в режиме реального времени;

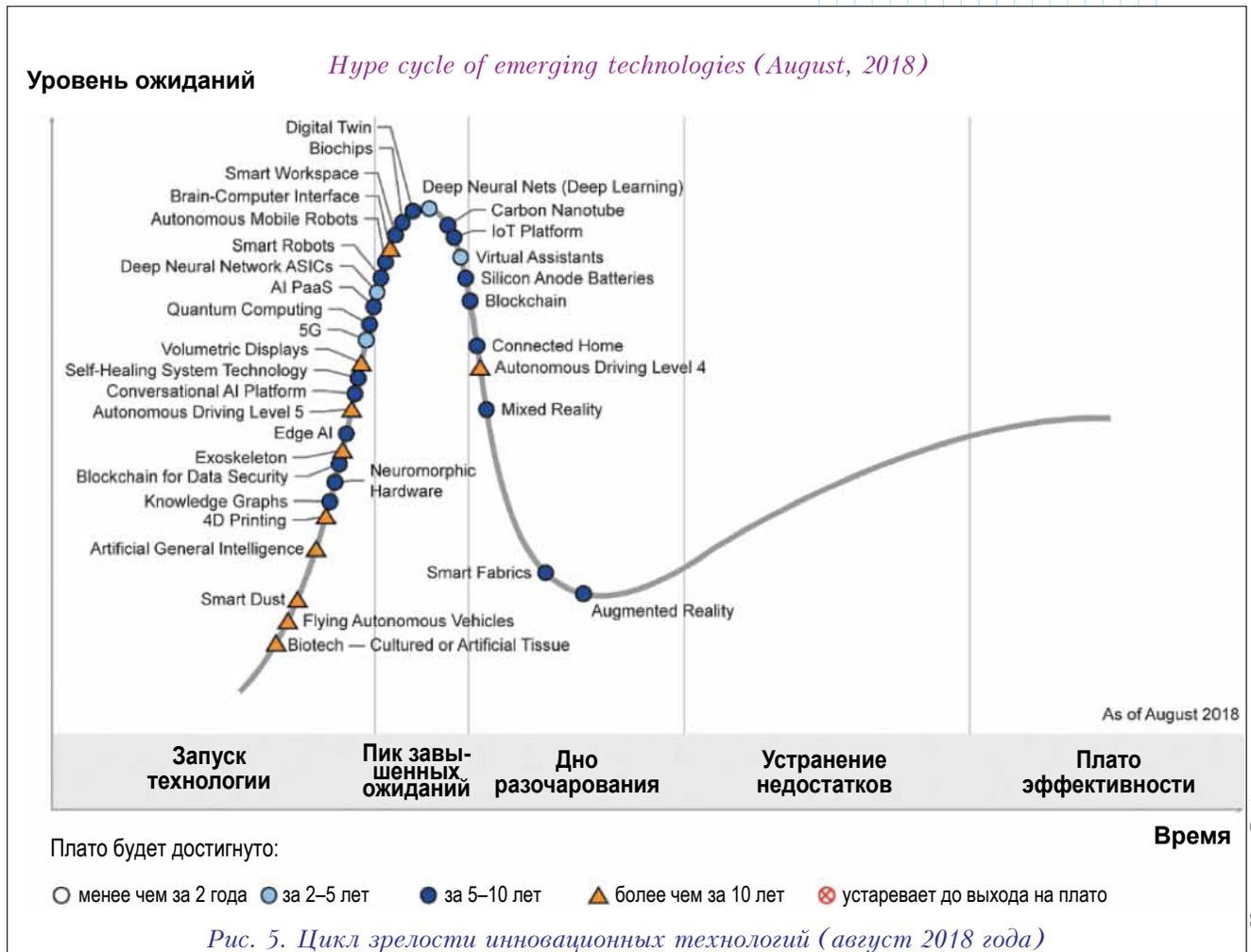
- смешанная или гибридная реальность, объединяющая дополненную реальность и дополненную виртуальность (*Mixed Reality*);
- интеллектуальные ткани, меняющие свойства в зависимости от внешних условий (*Smart Fabrics*).

4 Стирание границ при взаимодействии между людьми, организациями и подключенными к интернету вещами

Продолжится развитие ориентированных на человека (*Human-Centric*) технологий, которые в итоге обеспечат стирание границ и глубокое погружение при взаимодействии между людьми, организациями и подключенными к интернету вещами (*Transparently Immersive Experiences*). По мере эволюции эти технологии позволят обеспечить всё более высокий уровень адаптивности при взаимодействии между объектами в любых помещениях, в том числе жилых или рабочих, – там, где в настоящий момент находится человек.

Важнейшие направления, на которые следует обратить внимание:

- 4D-печать из полимерных волокон с памятью формы. После стимулирующего воздействия внешних факторов (температура, влажность, давление) изготовленный полуфабрикат деформируется в



заданных местах, принимая нужную форму, что позволяет получать самособирающиеся объекты;

- “умный” дом (*Connected-Home*);
 - периферийный ИИ – интеллектуальные алгоритмы при обработке информации применяются на периферийных устройствах (*Edge AI*);
 - технология самовосстанавливающихся систем (*Self-Healing System Technology*);
 - батареи с анодом из материала на основе кремниевых нанотрубок (*Silicon Anode Batteries*);
 - “умная пыль” – электромеханические микророботы (*Smart Dust*);
 - “умное” рабочее место (*Smart Workspace*).
- стереоскопические дисплеи (*Volumetric Displays*).

5 Общедоступная инфраструктура

Развитие собственной инфраструктуры больше не является наиболее эффективным способом достижения бизнес-целей. Развитость и популярность облачных вычислений в различных вариантах обеспечивает постоянный доступ к вычислительной среде с практически безграничными возможностями.

Ключевые направления, на которые следует обратить внимание, включают:

- 5G – пятое поколение мобильной связи, обеспечивающее более высокую пропускную способность по сравнению с 4G;
- электроника на основе углеродных нанотрубок (*Nanotube Electronics*);
- интегральные схемы специального назначения, реализующие архитектуру глубокой нейронной сети (*Deep Neural Network Application-Specific Integrated Circuit, DNN ASIC*);
- нейроморфические чипы (*Neuromorphic Hardware*), архитектура которых базируется на данных нейробиологии – дисциплины, изучающей физиологию, строение, развитие мозга и нервной системы;
- квантовые вычисления (*Quantum Computing*).

Несколько слов вместо заключения

Надеемся, что предложенные вниманию читателей дополняющие друг друга прогнозы компаний *IDC* и *Gartner* помогут составить некоторую более-менее целостную композицию в отношении вероятных путей развития технологий в 2019 году и в ближайшей перспективе.

На этом мы завершаем очередной комплексный обзор из восьми частей. Результаты дальнейших наблюдений за рынками систем высокопроизводительных вычислений будут представлены в наших грядущих публикациях. ☺

Об авторе:

Павлов Сергей Иванович – *Dr. Phys.*, ведущий научный сотрудник Лаборатории математического моделирования окружающей среды и технологических процессов 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 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура, квантовые вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №3, с. 6–14.
2. 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.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №5, с. 19–32.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Сфера *PLM*, включая *CAE* и *EDA* // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №6, с. 6–18.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Компьютеры, планшеты, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №7, с. 79–87.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №8, с. 77–87.
7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VII. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №1, с. 77–86.
8. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №2, с. 6–15.
9. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №1, с. 70–81.
10. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №2, с. 58–70.
11. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2012–2013 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Прогнозы развития информационных технологий // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2014, №2, с. 89–94.
12. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2013–2014 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2015, №2, с. 65–74.
13. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2014–2015 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №2, с. 77–86.