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).

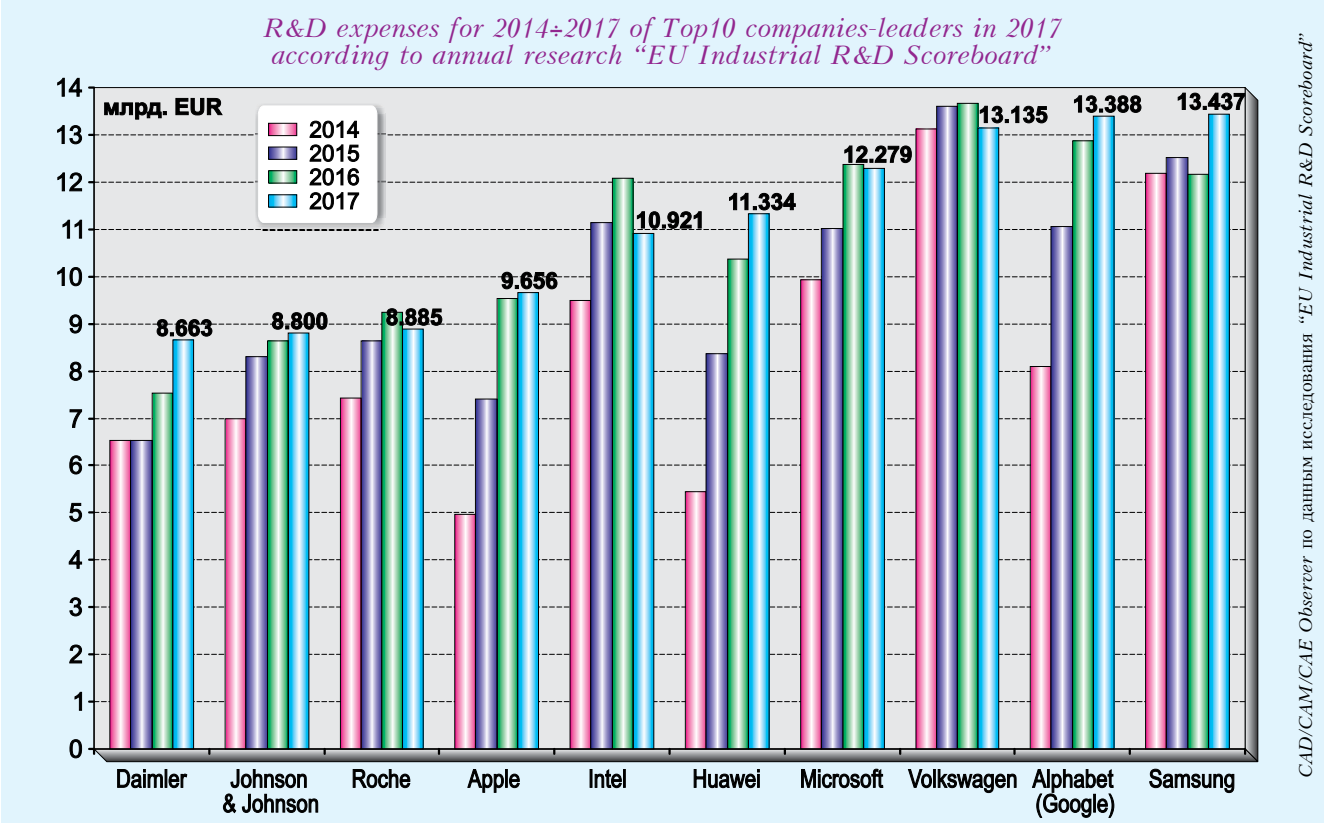


Рис. 1. Расходы на НИОКР в 2014–2017 гг. у первой десятки компаний, лидировавших по этому показателю в 2017 г. (по данным EU Industrial R&D Scoreboard)

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

- ***Gartner*** (*www.gartner.com*) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (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.

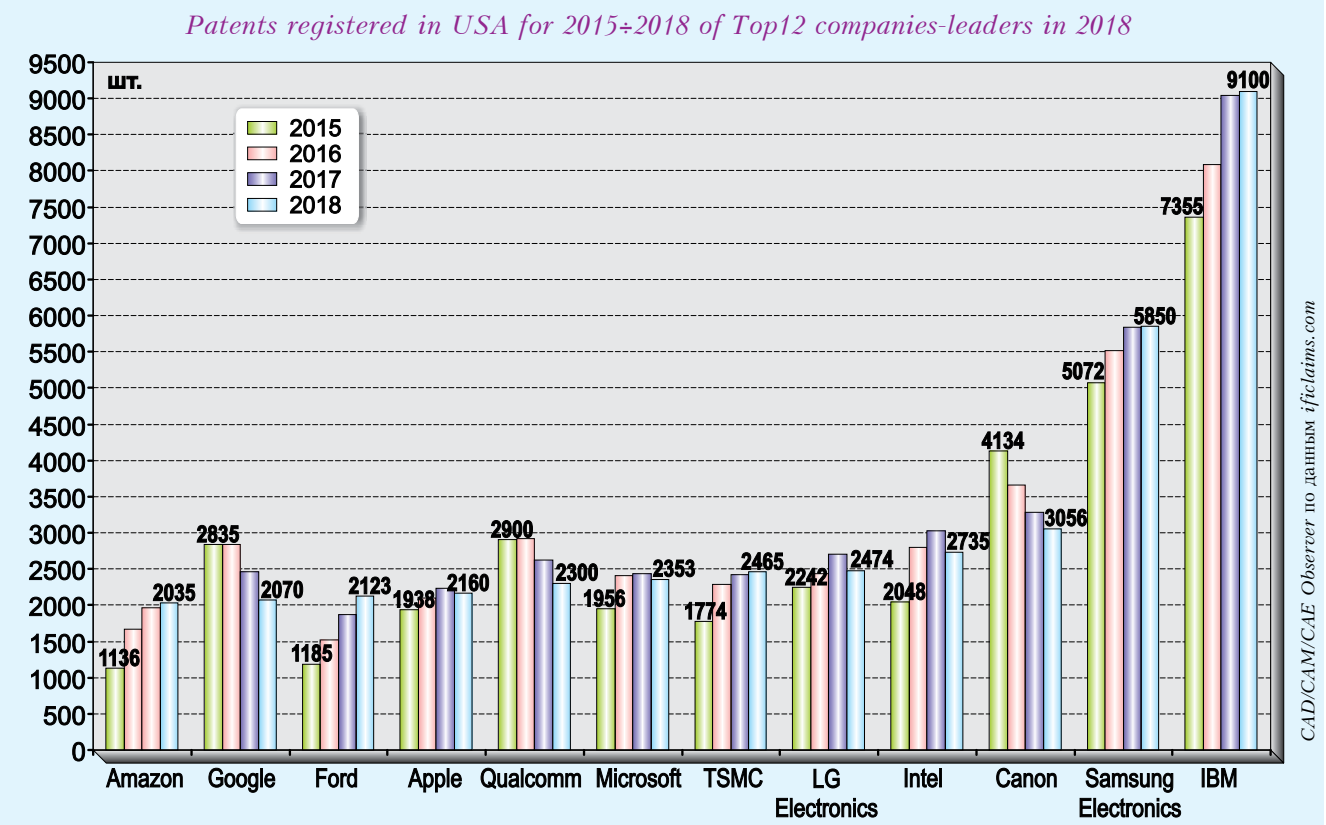


Рис. 2. Число патентов, зарегистрированных в США в 2015–2018 гг., у 12-ти компаний, ставших лидерами по этому показателю в 2018 году

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

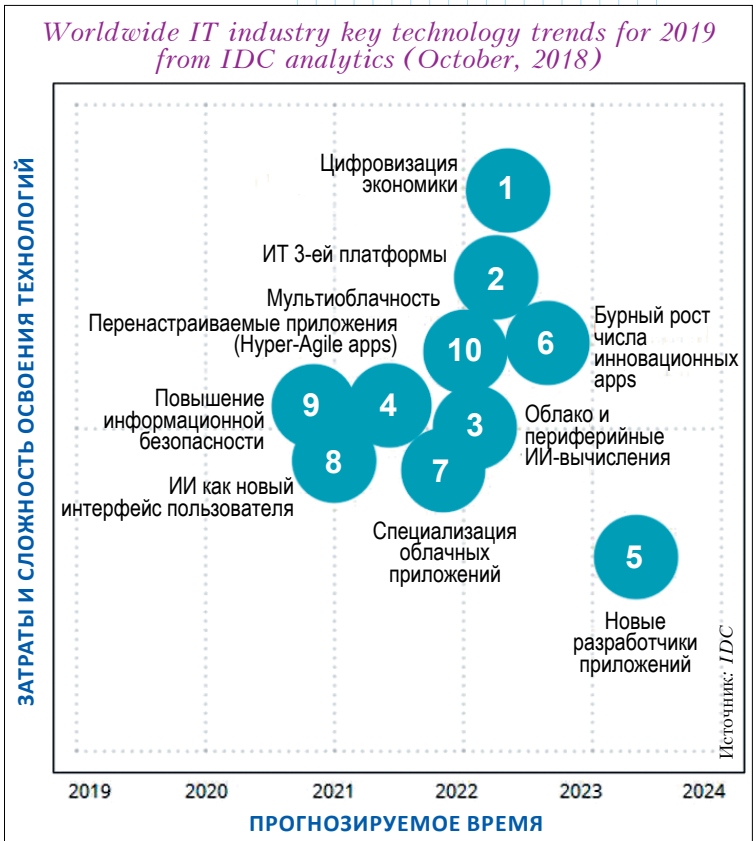


Рис. 3. Ключевые технологические тенденции мировой IT-индустрии в 2019 году – прогноз от IDC, октябрь 2018 г.

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 оконечных 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	Место	Количество патентов	Место	Количество патентов	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 обозреваемых 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 продвинутых 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 пересказа 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

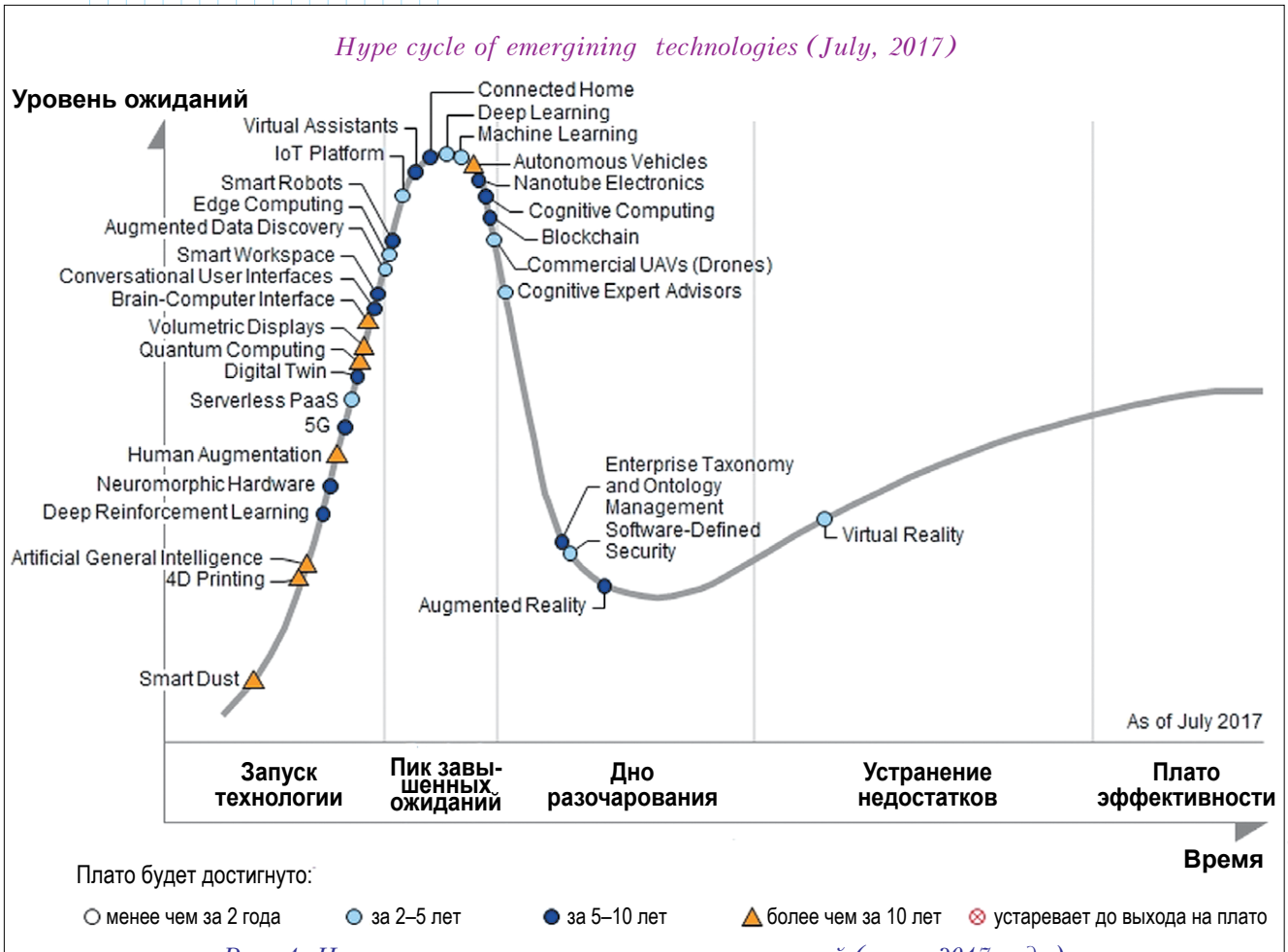
Инновационные технологии революционно изменяют подходы к разработке и применению компьютерных платформ, предоставляющих развитые вычислительные возможности и обеспечивающих обработку необходимого объема данных и повсеместную доступность экосистем. Переход от создания изолированной технической инфраструктуры 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:



Источник: *Gartner*

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*);

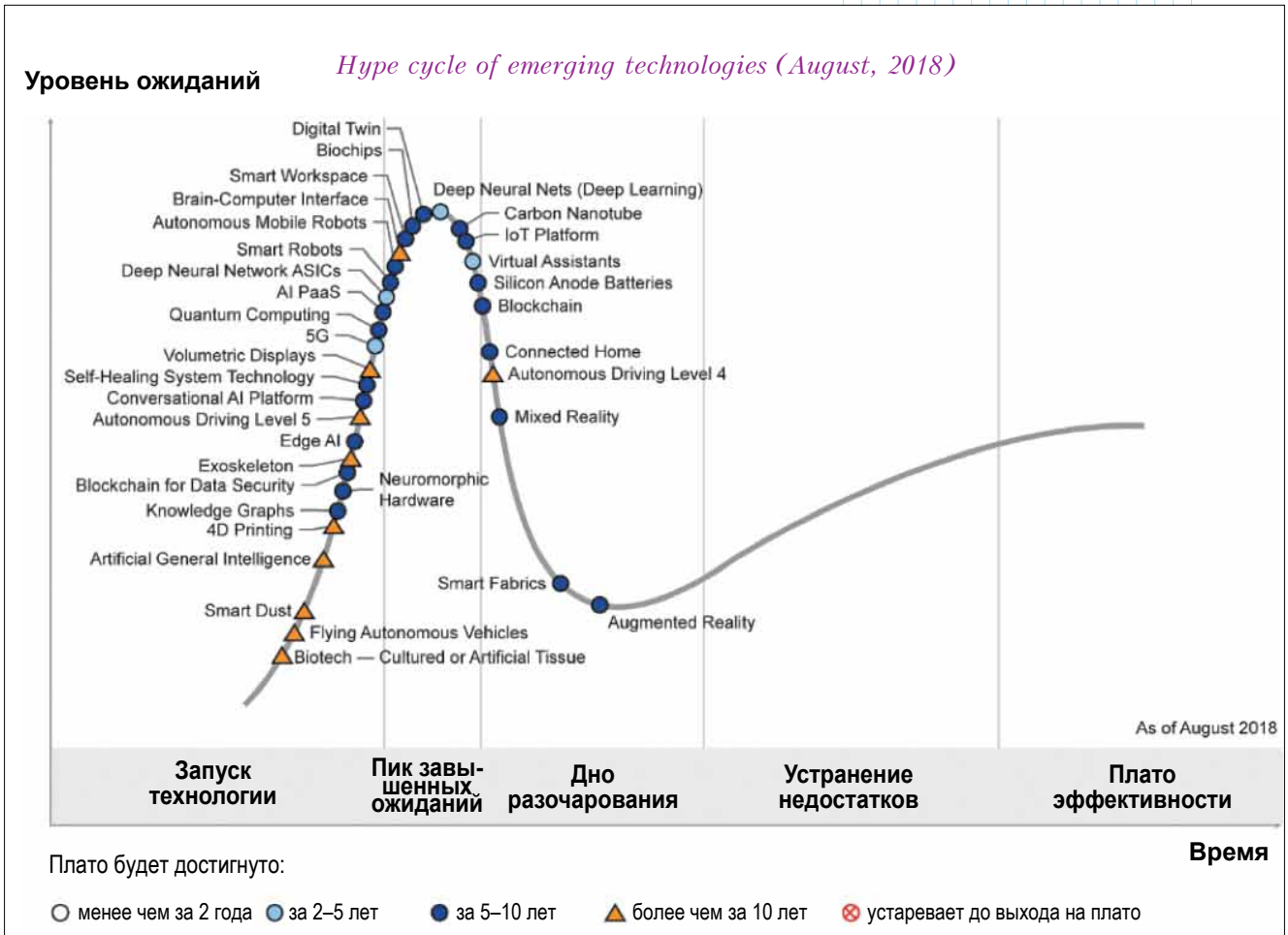
• интеллектуальные ткани, меняющие свойства в зависимости от внешних условий (*Smart Fabrics*).

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



Источник: *Gartner*

Рис. 5. Цикл зрелости инновационных технологий (август 2018 года)

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 микроустройства (*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.