

Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 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 восьмой раз. Что же касается периода 2019–2020 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 представлена актуализированная информация, собранная за прошедший 2020 год, которая распределена по следующим четырем разделам:

1 Интеллектуальные заделы для развития

- Мировой рейтинг патентных ведомств по количеству поданных заявок
- Рейтинг компаний по числу патентов, зарегистрированных в США
- Рейтинг по патентованию для 10 быстроразвивающихся технологий
- Рейтинг *Top250* – компании, лидирующие по числу действующих патентов, зарегистрированных в США

Patents applications submitted in the first ten patent offices in the world for 2016–2019 and non-resident share (%) for 2019 according to data of World Intellectual Property Organization (September, 2020)

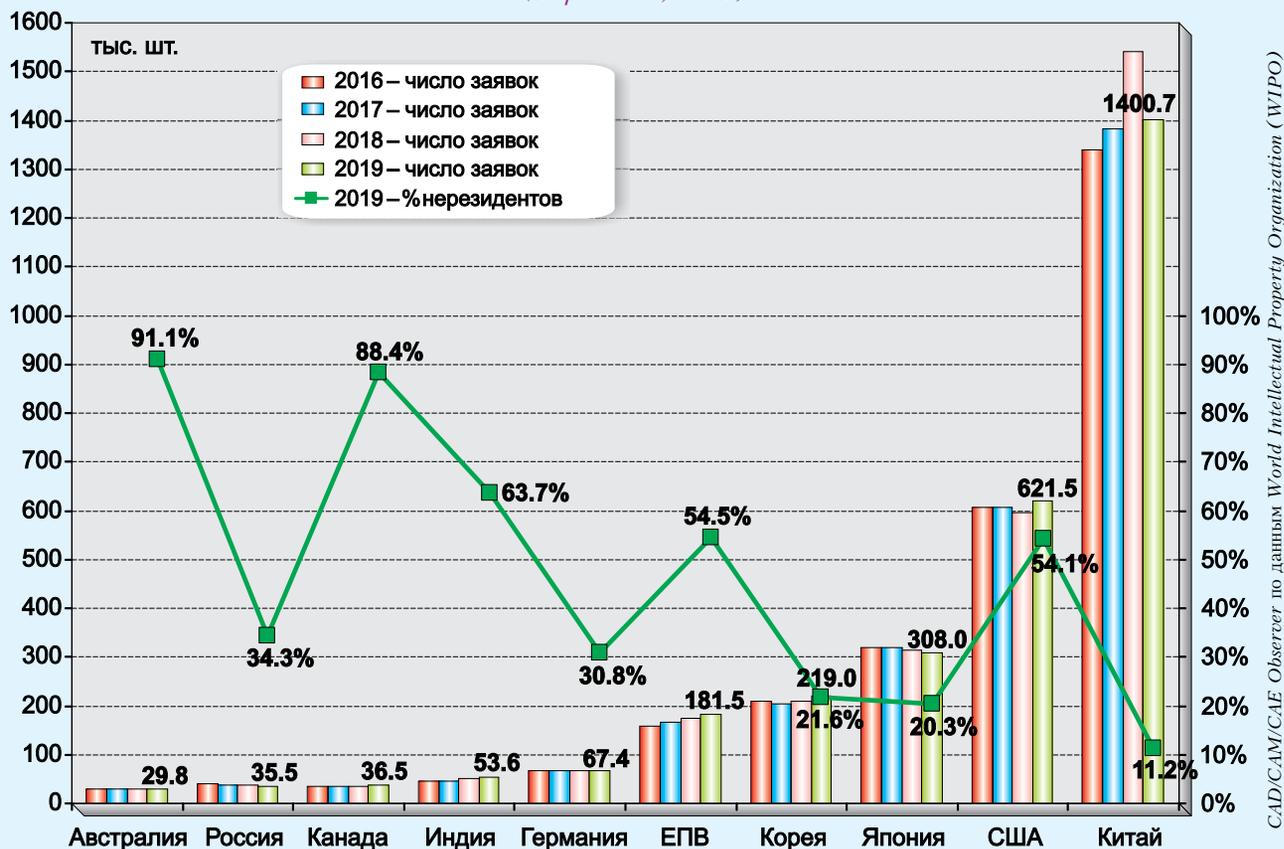


Рис. 1. Число заявок на патенты, поданных в 2016–2019 гг. в первой десятке патентных ведомств мира, а также доля (%) заявок от нерезидентов в 2019 году (по данным World Intellectual Property Organization, сентябрь 2020 г.)

- 2 Финансовые ресурсы для развития
- 3 Прогнозы аналитиков IDC
- 4 Прогнозы Gartner: циклы зрелости инновационных технологий в 2020 году.

При подготовке обзора мы опираемся на следующие регулярно публикуемые данные:

- ежегодное исследование “*World Intellectual Property Indicators*”, подготавливаемое Всемирной организацией интеллектуальной собственности (*World Intellectual Property Organization, WIPO*) (www.wipo.int), входящей в систему ООН, со штаб-квартирой в Женеве (Швейцария);
- ежегодные рейтинги “*Top 50 US Patent Assignees*” и “*IFI 250: Largest Global Patent Holders*”, подготавливаемые компанией *IFI CLAIMS Patent Services* (www.ificlaims.com) со штаб-квартирой в гор. Нью-Хейвен (шт. Коннектикут, США);
- 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).

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

1 **Gartner** (www.gartner.com) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (шт. Коннектикут);

2 **International Data Corporation** или **IDC** (www.idc.com); её штаб-квартира расположена в гор. Фремингем, шт. Массачусетс.

Начнем с краткого обзора обобщенных данных об интеллектуальных заделах и финансовых ресурсах, которые могут быть использованы для дальнейшего развития. Речь идет о зарегистрированных патентах (рис. 1, 2, табл. 1, 2), отражающих результативность проведенных исследований и разработок (*Research and Development, R&D*), осуществленных за счет сделанных ранее инвестиций – как из государственного бюджета и инвестиционных фондов, так и из R&D-бюджетов высокотехнологичных компаний, – что является необходимым условием создания новых продуктов (рис. 3, табл. 3).

Список рассматриваемых высокотехнологичных компаний – ведущих поставщиков устройств, облачной инфраструктуры (в том числе, для квантовых вычислений), процессоров и операционных систем – приведен в одном из наших предыдущих обзоров [8, табл. 3]. Ведущие поставщики систем *PLM, CAE* и *EDA* также рассматриваются в рамках текущего обзора [5]. В табл. 1–3 включены и другие компании, не

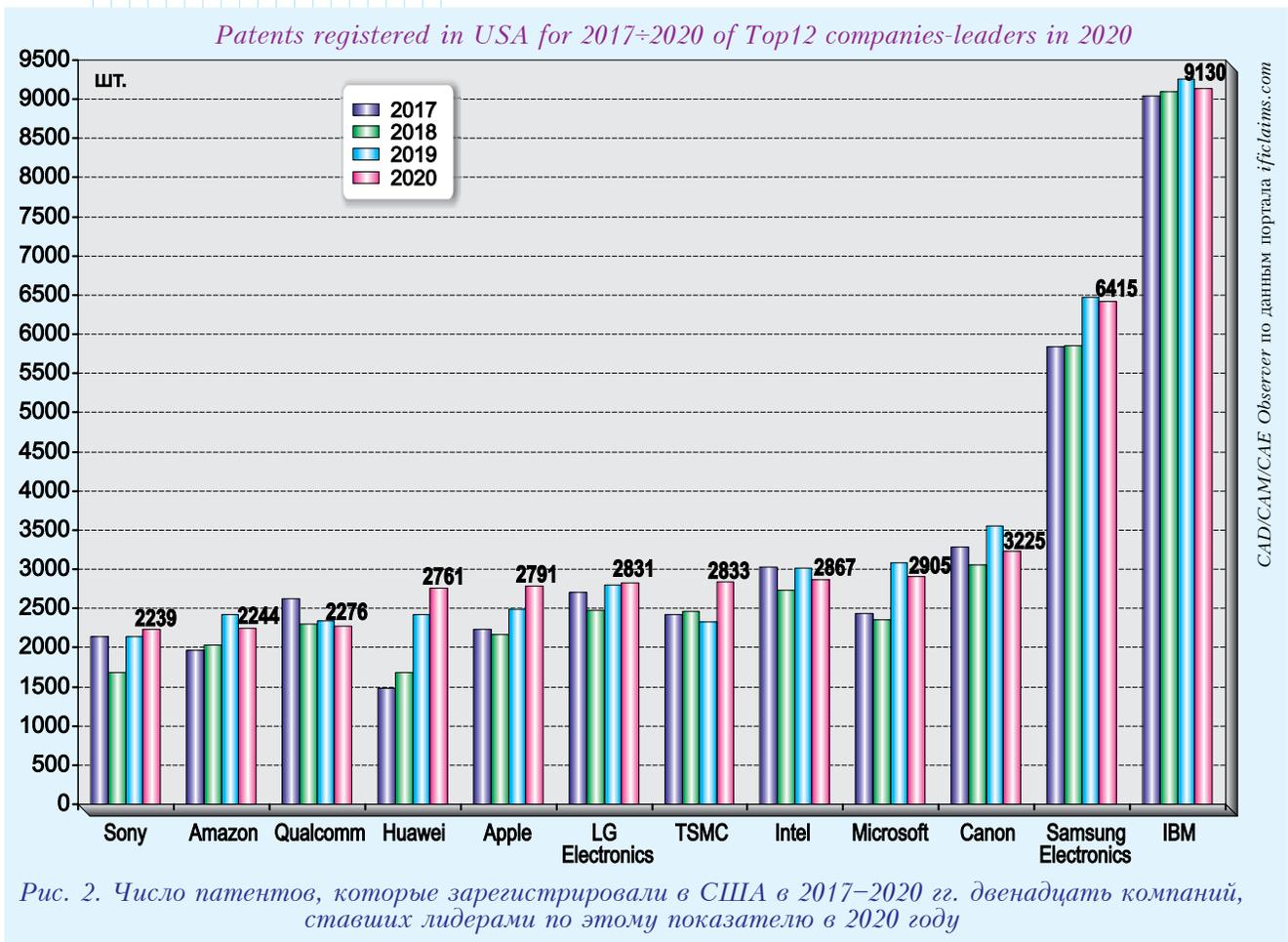


Рис. 2. Число патентов, которые зарегистрировали в США в 2017–2020 гг. двенадцать компаний, ставших лидерами по этому показателю в 2020 году

занимающие в настоящее время лидирующие позиции в рейтингах игроков различных рынков, – с тем, чтобы можно было наблюдать за динамикой R&D-инвестиций, что в перспективе может привести к изменению их позиций в рейтингах.

1. Интеллектуальные заделы для развития

1.1 Мировой рейтинг патентных ведомств по количеству поданных заявок

Об успехах в патентной деятельности различных стран можно судить по мировому рейтингу, который ежегодно составляет Всемирная организация интеллектуальной собственности (*World Intellectual Property Organization, WIPO*).

На рис. 1 показана первая десятка ведущих патентных ведомств мира, отранжированных по количеству поданных заявок на патенты в 2016–2019 гг. (данные *WIPO* за 2019 год опубликованы в сентябре 2020 г.).

Помимо национальных патентных ведомств девяти стран в рейтинг включено также Европейское патентное ведомство (*European Patent Office, EPO*), созданное Европейской патентной организацией (*EPORG*), объединяющей 38 стран.

Квартет лидеров в 2019 году выглядит следующим образом (соответствующие цифры за 2018 год приводились в первой части обзора [1]):

- 1 Китай – 1 400 661 заявка, в том числе 157 093 (11.2%) от нерезидентов Китая;
- 2 США – 621 453 заявки, в том числе 336 340 (54.1%) от нерезидентов США;
- 3 Япония – 307 969 заявок, в том числе 62 597 (20.3%) от нерезидентов Японии;
- 4 Корея – 218 975 заявок, в том числе 47 372 (21.6%) от нерезидентов Кореи.

Из мировых патентных ведомств наиболее популярным (по количеству заявок) среди нерезидентов является американское ведомство.

Россия по количеству поданных заявок в 2019 году находится на 9-м месте – 35 511, в том числе 12 174 (34.3%) от нерезидентов РФ.

Табл. 1. Количество патентов, зарегистрированных в США в 2017–2020 гг. лидерами рассматриваемых рынков, и их места в рейтингах по этому показателю (источник: *ificlaims.com*)

Компания	2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	Место	Кол-во патентов	Место	Кол-во патентов	Место	Кол-во патентов	Место	Кол-во патентов
<i>IBM</i>	1	9043	1	9100	1	9262	1	9130
<i>Samsung Electronics</i>	2	5837	2	5850	2	6469	2	6415
<i>Microsoft</i>	8	2441	7	2353	4	3081	4	2905
<i>Intel</i>	4	3023	4	2735	5	3020	5	2867
<i>TSMC</i>	9	2425	6	2465	12	2331	6	2833
<i>LG Electronics</i>	5	2701	6	2805	6	2474	7	2831
<i>Apple</i>	11	2229	9	2160	7	2490	8	2791
<i>Huawei</i>	20	1474	16	1680	10	2418	9	2761
<i>Qualcomm</i>	6	2628	8	2300	11	2348	10	2276
<i>Amazon</i>	13	1963	12	2035	9	2427	11	2244
<i>Sony</i>	12	2135	15	1688	14	2142	12	2239
<i>Google</i>	7	2457	11	2070	15	2102	17	1817
<i>Texas Instruments</i>	36	923	42	923	42	894	29	1147
<i>Cisco</i>	31	967	37	785	33	1050	31	1059
<i>SK hynix</i>	33	942	41	801	47	798	40	930
<i>Fujitsu</i>	19	1538	29	1038	35	1008	42	917
<i>Hewlett-Packard</i>	–	–	66	545	52	770	44	873
<i>Dell</i>	–	–	–	–	–	–	45	849
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	–	–	76	428	48	794	47	807
<i>Oracle</i>	43	753	47	685	44	847	–	–
<i>Siemens</i>	34	939	36	870	53	725	–	–
<i>GlobalFoundries</i>	40	853	52	635	66	597	–	–
Всего у компаний – участников обозреваемых рынков		45 271		44 368		48 475		47 691
Доля от общего числа патентов	Top50	54.8%	Top100	43.9%	Top100	41.8%	Top50	54.2%
Общее число патентов	Top50	82 562	Top100	101 179	Top100	115 999	Top50	88 044

Напомним, что в 2018 году Россия занимала 8-е место с числом заявок 37 957, а доля заявок от нерезидентов РФ была такой же – 34.3% (или 13 031).

1.2 Рейтинг компаний по числу патентов, зарегистрированных в США

О результатах патентной деятельности лидеров мировых высокотехнологичных отраслей можно судить по ежегодному рейтингу “*Top 50 US Patent Assignees*”, составляемому американским патентным ведомством – компанией *IFI CLAIMS Patent Services*.

На рис. 2 представлены взятые из рейтингов за последние четыре года данные для первой дюжины компаний, а в табл. 1 – для 22 компаний, которые работают на рынках, рассматриваемых в нашем обзоре. Обращаем внимание читателей, что в 2018 и 2019 гг. обнародованные рейтинги включали 100 компаний, а в 2017 и 2020 гг. – 50 компаний.

Рейтинг компаний по числу ежегодно регистрируемых патентов уже 28 лет бесспорно возглавляет **IBM**. В прошлом, 2020 году, компания получила **9130 патентов**, а абсолютный рекорд был установлен в 2019 году – 9262 патента. Историю побед компании **IBM** можно реконструировать по данным, приведенным в наших предыдущих обзорах [9–15].

За время наших наблюдений, с 2009 года второе место по патентованию неизменно занимает компания **Samsung**, зарегистрировавшая в 2020 году **6415 патентов** (примерно на 42% меньше, чем у лидера). В 2019 году удача на счету компании было чуть больше – 6469 патентов.

Бронзовым призером рейтинга с 2011 года является **Canon** с результатом **3225** зарегистрированных патентов в 2020 году, что почти вдвое меньше, чем у серебряного призера. В 2019 году эта компания тоже получила несколько больше патентов – 6548.

Всего на счету компаний из *Top50* в 2020 году оказалось **88 044** зарегистрированных патентов.

1.3 Рейтинг по патентованию для 10 быстроразвивающихся технологий

В начале 2021 года компания *IFI CLAIMS Patent Services* опубликовала рейтинг “*Top Ten Fastest Growing Technologies*”, отражающий результаты патентной деятельности в период 2016–2020 гг. для десяти наиболее быстро развивающихся технологий, отранжированных по совокупным среднегодовым темпам роста (*CAGR*) числа зарегистрированных патентов.

Воспроизведем данные для тех направлений, которые рассматриваются в рамках нашего обзора (цифра указывает занимаемое место в рейтинге *Top10*).

1 В период с 2016 по 2020 гг. быстрее всего (+67.28% в год) росло число патентов в подклассе “Компьютерные системы, базирующиеся

на биологических моделях” (*Computer Systems Based on Biological Models*). Упомянутый подкласс входит в самый быстроразвивающийся класс “Компьютерные системы, базирующиеся на специфических вычислительных моделях” (*Computer Systems Based on Specific Computational Models*).

Число патентов, зарегистрированных пятеркой лидеров в 2016–2020 гг.:

- **IBM** – 2789;
- **Google** – 1451;
- **Samsung Electronics** – 1253;
- **Intel** – 1102;
- **Microsoft** – 1044.

4 В подклассе “Машинное обучение” (*Machine Learning*) среднегодовые темпы роста числа зарегистрированных патентов в 2016–2020 гг. составили +46.01%.

Лидирующие компании зарегистрировали за эту пятилетку:

- **IBM** – 3825 патентов;
- **Microsoft** – 1518 патентов;
- **Google** – 998 патентов;
- **Facebook** – 625 патентов;
- **Accenture Global Solutions** – 617 патентов.

5 В подклассе “Квантовые компьютеры” (*Quantum Computers, i.e. Computer Systems Based on Quantum-Mechanical Phenomena*) среднегодовые темпы роста числа зарегистрированных патентов в 2016–2020 гг. составили +41.75%. За это время лидеры получили:

- **IBM** – 655 патентов;
- **Google** – 338 патентов;
- **Northrop Grumman Systems** – 276 патентов;
- **D-Wave Systems** – 217 патентов;
- **Microsoft** – 168 патентов.

8 В подклассе “Передача информации” (*Information Transfer*) среднегодовые темпы роста числа зарегистрированных патентов в 2016–2020 гг. составили +28.21%. Упомянутый подкласс относится к классу “Межсоединение или передача информации или других сигналов между памятью, устройствами ввода/вывода или центральными процессорами” (*Interconnection or Transfer of Information or Other Signals Between, Memories, Input/Output Devices or Central Processing Units*).

Здесь лидеры добились следующих результатов:

- **Intel** – 743 патента;
- **Huawei** – 330 патентов;
- **IBM** – 287 патентов;
- **Samsung Electronics** – 247 патентов;
- **Qualcomm** – 203 патента.

1.4 Рейтинг Top250 – компании, лидирующие по числу действующих патентов, зарегистрированных в США

Считается, и не без оснований, что накопленные пулы патентов служат инструментами в конкурентной борьбе в различных регионах по всему миру, а при оформлении сделок по приобретению

компаний патенты являются едва ли не определяющими активами.

Тем интереснее взглянуть на рейтинг “*IFI 250: Largest Global Patent Holders*”, составленный американским патентным ведомством, где обобщены данные об обладателях крупнейших пулов действующих патентов (*Active Patent*).

Данные рейтинга за последние два года выборочно представлены в табл. 2 – для тех

35 компаний, которые работают на рынках, рассматриваемых в нашем обзоре.

Золотым медалистом в 2020 году стала компания **Samsung** с **80 577** действующими патентами. По этому показателю она более чем в два раза превзошла серебряного призера, компанию **IBM** (**38 541** действующий патент). Бронзовая медаль досталась компании **Canon** (**36 161** действующий патент).

Табл. 2. Количество действующих (active) патентов у лидеров рассматриваемых рынков, и их места в рейтингах по этому показателю в 2019–2020 гг. (источник: *ificlaims.com*)

Компания	2019 г.		2020 г.	
	Место	Количество действующих патентов	Место	Количество действующих патентов
<i>Samsung Electronics</i>	1	76 638	1	80 577
<i>IBM</i>	2	37 304	2	38 541
<i>Microsoft</i>	5	29 824	4	30 042
<i>LG Electronics</i>	10	23 043	7	24 313
<i>Intel</i>	9	24 628	9	23 523
<i>Siemens</i>	8	25 320	10	22 373
<i>Sony</i>	13	21 167	12	21 931
<i>Alphabet (Google)</i>	14	21 084	13	21 762
<i>Qualcomm</i>	12	21 255	15	21 522
<i>Nokia</i>	16	20 492	18	18 742
<i>Apple</i>	27	14 849	20	18 161
<i>Huawei</i>	29	14 315	24	17 112
<i>Fujitsu</i>	19	17 564	25	16 237
<i>Dell</i>	34	13 313	26	15 607
<i>TSMC</i>	39	12 792	30	14 268
<i>Broadcom</i>	24	15 135	31	14 219
<i>Hewlett-Packard</i>	32	13 673	35	13 565
<i>Texas Instruments</i>	36	13 253	36	13 282
<i>Oracle</i>	35	13 254	37	13 212
<i>Cisco</i>	43	11 498	44	11 874
<i>Amazon</i>	52	9 455	46	11 060
<i>NXP Semiconductors</i>	55	9 328	52	9 787
<i>BlackBerry (Research In Motion)</i>	54	9 379	55	9 498
<i>STMicroelectronics</i>	61	8 630	63	8 544
<i>SK hynix</i>	68	7 934	64	8 543
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	66	8 125	66	8 421
<i>GlobalFoundries</i>	53	9 426	71	7 600
<i>Lenovo</i>	82	6 379	82	6 648
<i>MediaTek</i>	103	4 826	103	5 033
<i>Marvell</i>	122	4 197	110	4 766
<i>Nvidia</i>	148	3 135	138	3 787
<i>AMD</i>	–	–	146	3 512
<i>Motorola</i>	142	3 246	158	3 256
<i>Softbank</i>	–	–	183	2 739
<i>HTC</i>	–	–	236	2 017
Всего у компаний – участников обозреваемых рынков		524 461		546 074
Доля от общего числа действующих патентов в Top250		31.3%		30.6%
Общее число действующих патентов в Top250		1 677 106		1 782 318

При сравнении данных для компаний *Samsung* и *IBM* (табл. 1, 2) невольно возникает вопрос, насколько оправдана экстремальная шустрость сотрудников патентной службы *IBM*, демонстрирующих рекордную скорость работы (в среднем 25 зарегистрированных заявок на патенты в день, считая выходные и праздничные), и ждут ли нас в скором будущем ошеломляющие прорывы?

В общей сумме на счету компаний из *Top250* в 2020 году – 1 782 318 действующих патентов.

2. Финансовые ресурсы для развития

Сравнить размеры инвестиций высокотехнологичных компаний в НИОКР позволяет ежегодное исследование “*EU Industrial R&D Investment Scoreboard*”, подготавливаемое по заказу Европейской Комиссии. Обращаем внимание читателей, что показатели инвестиций в *R&D публикуются с годичной задержкой*, так что приведенные ниже цифры и достижения соответствуют 2019 году.

Первая десятка компаний мирового рейтинга *Top-2500 “R&D ranking of the world top 2500 companies”* представлена на рис. 3.

В 2019 году первое место по размеру инвестиций в создание новых продуктов уже второй год подряд заняла компания *Alphabet/Google*. Кроме нее в первую десятку вошли следующие

кузнецы хайтека: *Microsoft* (2-е место), *Huawei* (3-е место), *Samsung* (4-е место), *Apple* (5-е место), *Facebook* (7-е место) и *Intel* (8-е место).

При сравнении с 2018 годом перемещения компаний в рейтинге выглядят так: *Microsoft* – с 3-го места на 2-е; *Huawei* – с 5-го места на 3-е; *Samsung* – со 2-го места на 4-е; *Apple* – с 6-го места на 5-е; *Facebook* – с 11-го места на 7-е (компания впервые вошла в десятку!); *Intel* – с 7-го места на 8-е.

В табл. 3 показаны данные из мирового рейтинга *Top-2500* для 49 компаний, которые упоминаются в нашем обзоре в процессе анализа различных сегментов интересующих нас рынков [2–7].

Корреляции между размерами *R&D*-инвестиций и количеством регистрируемых и активных патентов у компаний, работающих одновременно на нескольких рынках, предлагаем нашим читателям выявить самостоятельно, буде таковой интерес возникнет.

3. Прогнозы аналитиков IDC

В октябре 2020 года компания *IDC* обнародовала исследование “*IDC FutureScape: Worldwide IT Industry 2021 Predictions*”, в котором представлены прогнозы и сформулированы ключевые факторы развития мировой ИТ-индустрии на 2021 год и в последующий

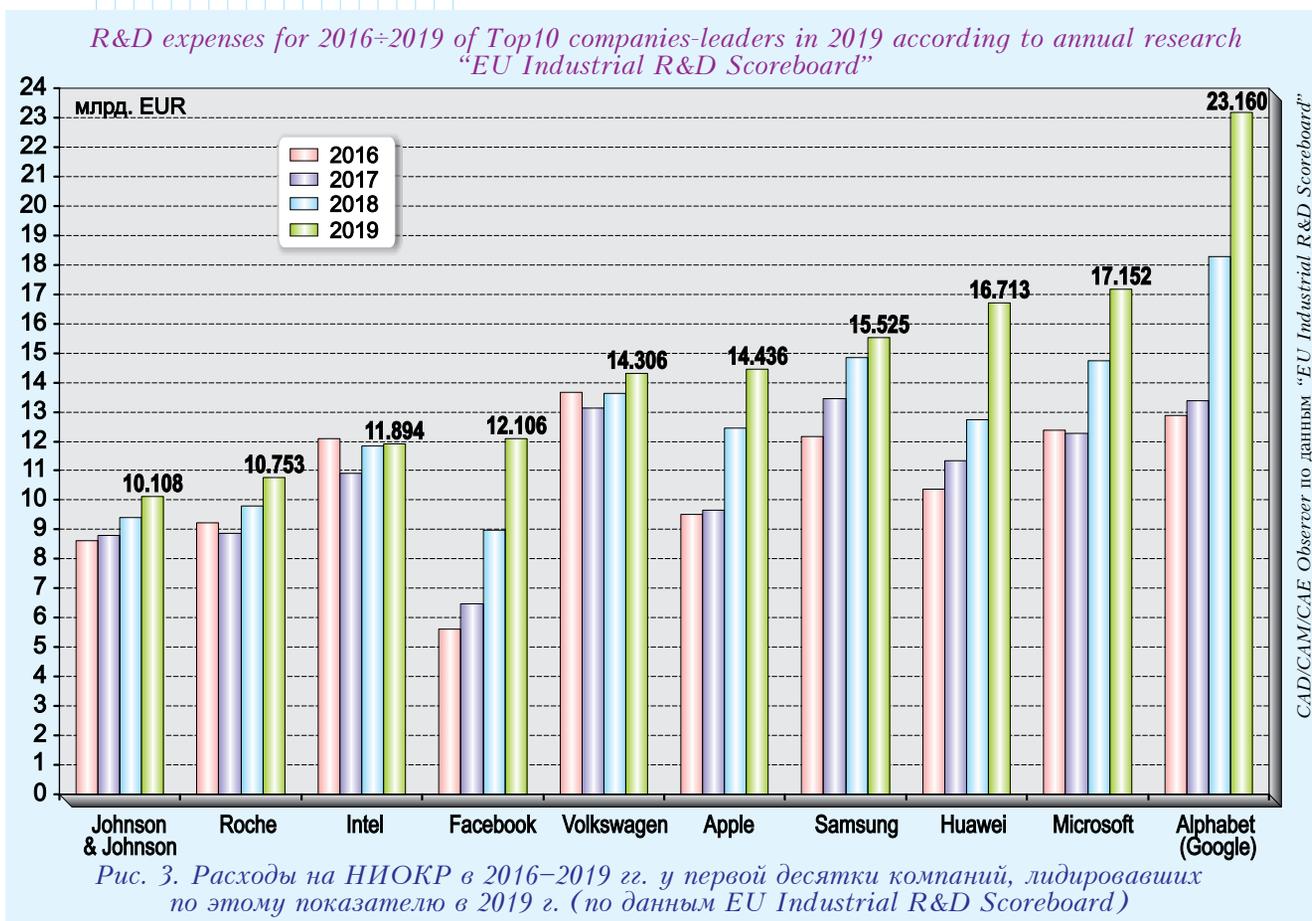


Табл. 3. Расходы на НИОКР в 2017–2019 гг. у лидеров рассматриваемых рынков и их места в рейтингах (по данным *EU Industrial R&D Scoreboard*)

Компания	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
	Место	R&D млрд. EUR	Место	R&D млрд. EUR	Место	R&D млрд. EUR
<i>Alphabet (Google)</i>	2	13.388	1	18.271	1	23.160
<i>Microsoft</i>	4	12.279	3	14.739	2	17.152
<i>Huawei</i>	5	11.334	5	12.740	3	16.713
<i>Samsung</i>	1	13.437	2	14.831	4	15.525
<i>Apple</i>	7	9.656	6	12.433	5	14.436
<i>Facebook</i>	15	6.465	11	8.972	7	12.106
<i>Intel</i>	6	10.921	7	11.828	8	11.894
<i>Siemens</i>	20	5.538	21	5.909	21	6.086
<i>Cisco</i>	25	5.052	23	5.530	24	5.855
<i>Alibaba</i>	51	2.914	28	4.771	26	5.488
<i>Oracle</i>	24	5.079	25	5.263	27	5.401
<i>Qualcomm</i>	28	4.557	27	4.881	31	4.805
<i>IBM</i>	32	4.263	33	4.150	33	4.768
<i>Dell Technologies</i>	35	3.963	31	4.317	34	4.742
<i>Nokia</i>	27	4.904	36	4.044	36	4.411
<i>SAP</i>	40	3.332	43	3.612	38	4.283
<i>Broadcom</i>	52	2.745	49	3.291	41	4.180
<i>LG</i>	53	2.637	57	2.646	55	2.773
<i>TSMC</i>	60	2.255	60	2.441	58	2.703
<i>NVIDIA</i>	94	1.498	67	2.075	61	2.518
<i>Salesforce</i>	107	1.302	90	1.647	62	2.462
<i>SK hynix</i>	67	1.937	63	2.263	64	2.417
<i>MediaTek</i>	83	1.597	92	1.635	83	1.863
<i>Adobe</i>	136	1.021	109	1.343	92	1.718
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	113	1.239	104	1.452	97	1.640
<i>NXP Semiconductors</i>	109	1.296	99	1.485	108	1.448
<i>AMD</i>	146	0.967	117	1.252	115	1.377
<i>Texas Instruments</i>	111	1.257	108	1.362	116	1.374
<i>Softbank</i>	137	1.011	111	1.316	119	1.363
<i>STMicroelectronics</i>	129	1.066	129	1.183	133	1.212
<i>Infineon Technologies</i>	153	0.905	162	0.979	153	1.068
<i>Lenovo</i>	143	0.973	154	1.016	155	1.054
<i>Synopsys</i>	180	0.760	166	0.950	165	1.016
<i>Fujitsu</i>	117	1.172	143	1.063	167	1.006
<i>Marvell</i>	214	0.625	192	0.798	175	0.962
<i>Xiaomi</i>	–	–	219	0.671	187	0.888
<i>Cadence Design Systems</i>	202	0.672	197	0.776	200	0.835
<i>Autodesk</i>	213	0.630	232	0.633	214	0.758
<i>Dassault Systemes</i>	230	0.577	233	0.631	223	0.738
<i>SMIC</i>	327	0.356	292	0.471	262	0.598
<i>ASUS</i>	286	0.417	411	0.314	343	0.417
<i>Inspur Electronics</i>	–	–	508	0.240	490	0.284
<i>ANSYS</i>	621	0.169	572	0.204	520	0.265
<i>PTC</i>	554	0.197	538	0.218	607	0.220
<i>Altair Engineering</i>	1164	0.078	1197	0.085	1127	0.105
<i>Atos</i>	807	0.121	930	0.117	1329	0.084
<i>Acer</i>	1223	0.070	1345	0.073	1425	0.076
<i>Hewlett-Packard</i>	140	0.992	–	–	–	–
<i>Amazon</i>	343	0.329	–	–	–	–

Worldwide IT industry key drives for 2021–2026
from IDC analytics (October, 2020)



Рис. 4. Ключевые факторы развития мировой ИТ-индустрии в 2021–2026 гг. Прогноз от IDC (октябрь 2020 г.)

пятилетний период. В исследовании рассматриваются проблемы, которые в среднесрочной и долгосрочной перспективе необходимо решить корпоративным ИТ-подразделениям, чтобы избежать нарушений в работе предприятий, имеющих место в условиях пандемии COVID-19, а также обеспечить компаниям конкурентные преимущества в условиях “новой нормальности” (*Next Normal*).

Для наглядности ключевые факторы развития ИТ-индустрии представлены в виде диаграммы (рис. 4). Вертикальная ось отражает затраты и сложность освоения каждой из технологий (*Cost/Complexity To Address*), а по горизонтальной оси откладывается прогнозируемое время освоения (*Prediction Timing*). Номер каждого кружка на диаграмме (*Bubble Diagram*) является исключительно порядковым и никак не ранжирует важность того или иного фактора развития.

Сделаем беглый обзор новейшего топа-10 от компании IDC. Желающих освежить в памяти доковидные топы, подготовленные аналитиками этой компании, отсылаем к нашим прежним публикациям [9–15].

1 Облачно-ориентированная ИТ-инфраструктура

Уже к концу 2021 года 80% предприятий, опираясь на опыт, полученный в условиях

пандемии COVID-19, разработают планы, которые обеспечат двукратное ускорение перехода на облако-центричную инфраструктуру (*Cloud-Centric IT*) в сравнении с аналогичными планами доковидного периода.

2 Ускорение внедрения периферийных вычислений

К 2023 году 80% инвестиций будут направлены в сферу периферийных вычислений (*Edge Computing*). Опыт организации бизнес-процессов, накопленный во время пандемии COVID-19 (включая обеспечение удаленного режима работы персонала) станет катализатором изменения бизнес-моделей предприятий большинства отраслей.

3 Гибридная среда проектирования

К 2023 году 75% крупнейших компаний из списка *Global 2000* создадут интеллектуальную цифровую рабочую среду (*Intelligent Digital Workspace*), которая будет обеспечивать работу персонала в режиме реального времени над индивидуальными или коллективными проектами с применением любых цифровых устройств (*Device*), находящихся в любом месте (*Location*), – с возможностью смены как устройства, так и его местоположения.

4 Устранение технических недоработок

Технические недоработки (*Remediate Technical Debt*), накопившиеся во время пандемии COVID-19 из-за принудительного перехода к облачной ИТ-инфраструктуре, будут сказываться до 2023 года. Основные проблемы 70% руководителей ИТ-служб компаний будут связаны с недостатком финансовых ресурсов, инерционностью, замедлением реакции и недостаточной гибкостью ИТ-систем.

5 Отказоустойчивость цифровых систем

В 2022 году предприятия, разрабатывающие и внедряющие у себя новые подходы и сервисы для обеспечения отказоустойчивости цифровых систем (*Digital Resiliency*), будут адаптироваться к внешним воздействиям в цифровой среде на 50% быстрее, чем те предприятия, которые ограничатся поддержанием уже достигнутых уровней отказоустойчивости ИТ-инфраструктуры бизнеса.

6 Платформы для автоматизации

К 2023 году все инициативы в области ИТ-инфраструктуры и автоматизации бизнес-процессов повсеместно будут использовать развивающуюся облачную экосистему в качестве базовой платформы для расширения возможностей управления ресурсами предприятия и аналитики в реальном масштабе времени (*Realtime Analytics*).

7 Повышение конкурентоспособности за счет применения искусственного интеллекта (ИИ)

К 2023 году четверть компаний из списка *Global 2000* приобретет, по крайней мере, один стартап, специализирующийся по разработке программного обеспечения на базе алгоритмов искусственного интеллекта (*Artificial Intelligence, AI*). Целью такого приобретения является разработка собственных интеллектуальных продуктов и сервисов (*Opportunistic AI Extension*) с гарантированной защитой интеллектуальной собственности, а также накопленных экспертных знаний и практик.

8 Экосистема ИКТ

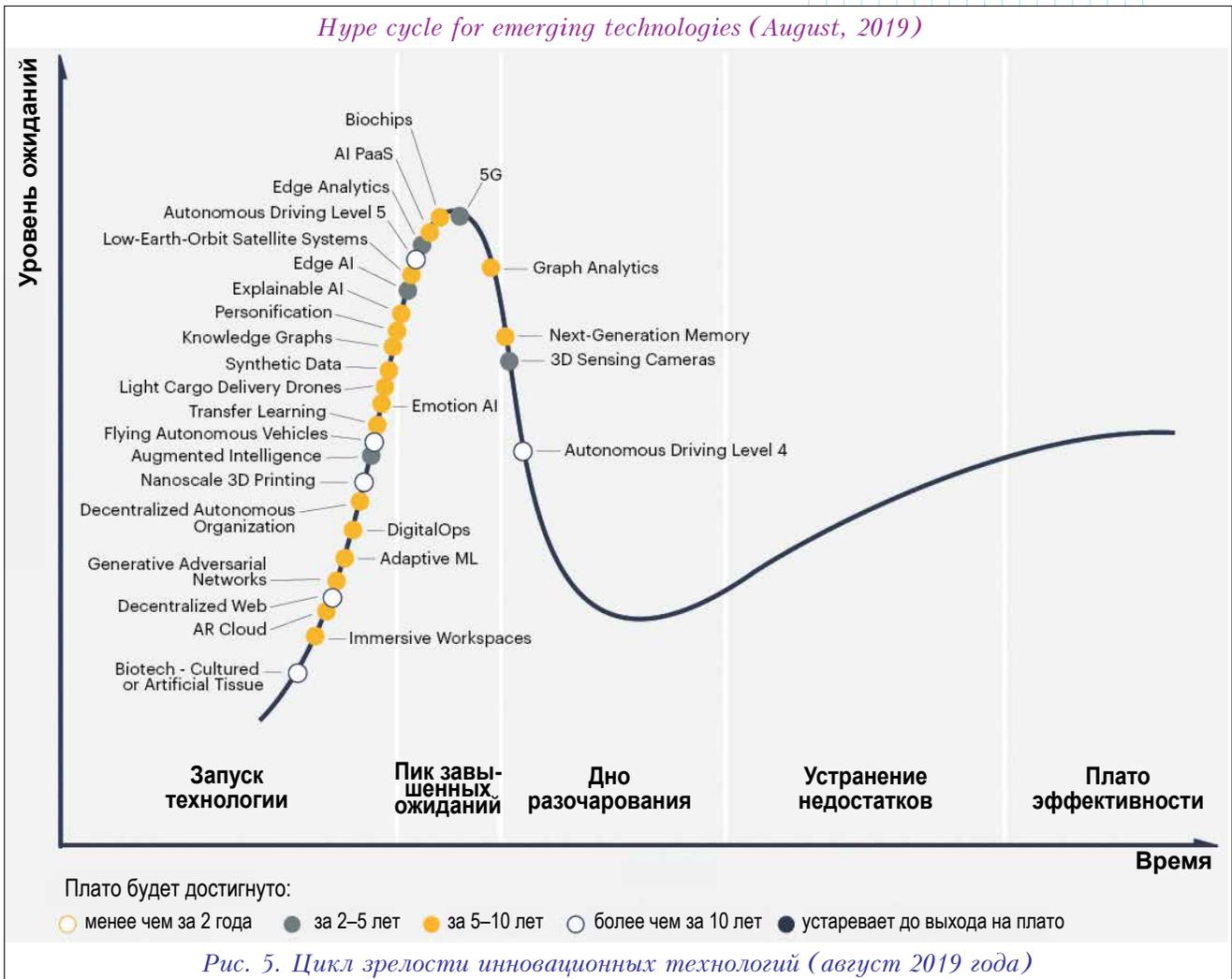
К 2024 году 80% предприятий пересмотрят свои отношения с поставщиками и партнерами в сфере информационных и коммуникационных технологий (*Information and Communication Technology*) с целью реализации собственной стратегии развертывания ИКТ-ресурсов для обеспечения устойчивого функционирования предприятия.

9 ИТ-отрасль присоединяется к экономике замкнутого цикла

К 2025 году 90% компаний из списка *Global 2000*, в качестве предварительных условий для ведения бизнеса, будут требовать от поставщиков ИТ-оборудования обеспечения возможности повторного использования применяемых материалов и снижения энергопотребления, как того требует экономика замкнутого цикла (*Circular Economy*). Еще одним условием станет углеродная нейтральность (*Carbon Neutrality*) объектов поставщиков.

10 Люди по-прежнему играют важную роль

К 2023 году усиленная деятельность половины предприятий по созданию гибридной цифровой рабочей среды и автоматизации бизнес-процессов еще не будет завершена, и люди всё еще будут играть важную роль (*People Still Matter*). Причиной станет недостаточный объем инвестиций в развитие персонала ИТ-подразделений, включая разработчиков ПО.



4. Прогнозы Gartner: циклы зрелости инновационных технологий в 2020 году

Наиболее долговременным проектом Gartner является ежегодная подготовка и публикация описания циклов зрелости инновационных технологий (*Hype Cycle For Emerging Technologies*), объединяющего перспективы и тренды развития цифровых технологий, относящихся к различным отраслям. Основная цель публикации – дать информацию для размышления специалистам, 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 организациям наблюдать в динамике за процессом созревания технологий, анализировать их прибыльность, а также реакцию рынка на инновации.

Циклы зрелости инновационных технологий по состоянию на июль 2020 года представил **Brian Burke**, вице-президент компании Gartner по

исследованиям. В общей сложности было рассмотрено свыше тысячи семисот компьютерных технологий, из которых аналитики отобрали тридцать наиболее перспективных (рис. 6). Принятые обозначения подробно обсуждались в [15, 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 августе 2019 года (рис. 5) и июле 2020-го (рис. 6), а также в комментариях к ним. Желающих освежить в памяти предыдущие циклы зрелости от Gartner отсылаем к нашим предыдущим публикациям [9–15].

Анализируя зрелость инновационных технологий в 2020 году, компания Gartner сформулировала следующие **пять ключевых тенденций** технологического развития на ближайшее будущее.

1 Персональные данные в цифровом формате (*Digital Me – цифровой “Я”*)

Новые технологии всё глубже проникают в жизнь людей и создают новые возможности

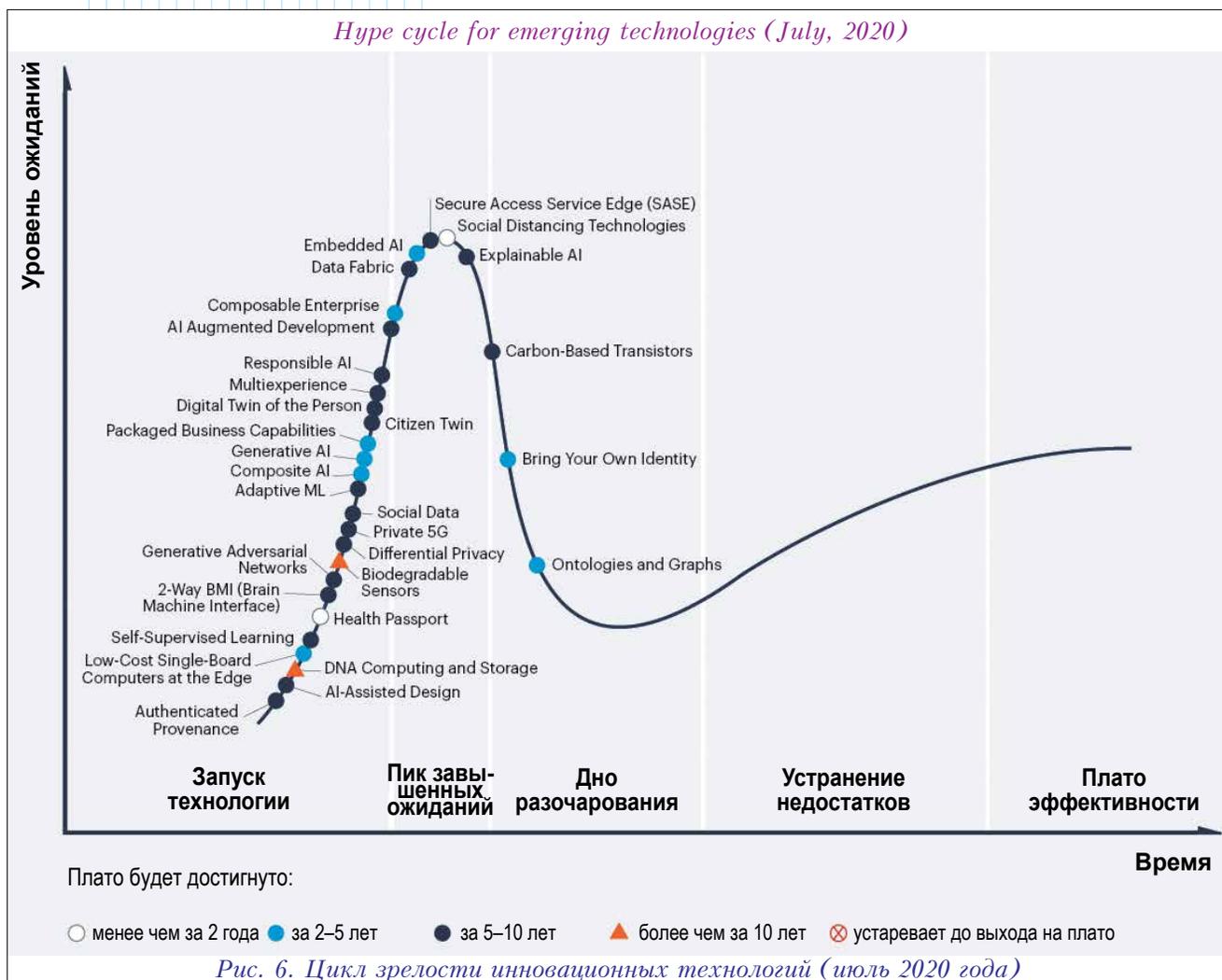


Рис. 6. Цикл зрелости инновационных технологий (июль 2020 года)

цифрового представления их персональных данных. В качестве свежих примеров можно назвать распространившиеся в период пандемии *COVID-19* способы социального дистанцирования и цифровые паспорта, в которых отражаются данные о наличии антител после перенесенного заболевания или после вакцинации. Цифровой двойник является своего рода моделью индивида, которая может представлять его как в физическом, так и в цифровом пространстве. Методы взаимодействия человека с цифровым миром не исчерпываются применением дисплея и клавиатуры: комбинируются различные способы взаимодействия (через голос, зрительную систему, жесты) и даже прямое подключение к мозгу.

Ключевые направления развития технологий, на которые следует обратить внимание:

- технологии социального дистанцирования (*Social Distancing Technologies*);
- паспорта здоровья (*Health Passports*);
- цифровой двойник человека (*Digital Twin of the Person*);
- двойник жителя/гражданина (*Citizen Twin*);
- многофункциональность (*Multiexperience*), охватывающая многообразие способов (например, через прикосновение, голос, жесты), устройств и приложений, которые позволяют пользователям взаимодействовать, когда они в цифровом мире перемещаются между различными опорными точками (*Touch Point*, дословно “точка контакта”). Развитие многофункциональности связано с разработкой целевых приложений, которые дают возможность единообразного использования различных способов взаимодействия в различных опорных точках с помощью интернета, мобильных и носимых устройств, диалоговых (*Conversational*) и иммерсивных рабочих пространств (*Immersive Workspaces*) [9];
- двусторонний нейрокомпьютерный интерфейс (*Two-Way Brain Machine Interface, BMI*).

2 Комбинированные архитектуры (*Composite Architectures*)

Пандемия *COVID-19* показала, как волны заражения вынуждают предприятия то переходить на дистанционную работу, то возвращать сотрудников на рабочие места, что ломает традиционные бизнес-процессы. Компонуемое (модульное) предприятие строится для обеспечения своевременной реакции на быстро меняющиеся потребности. Для этого применяются пакетные бизнес-возможности (услуги), которые базируются на гибкой “фабрике данных”. Комбинированная архитектура реализуется в виде набора решений, основанных на пакетных бизнес-возможностях. Встроенный ИИ-инструментарий децентрализован, распространяется на устройства для периферийных вычислений и доступен для конечного пользователя.

Чтобы обеспечить гибкость предприятия в перспективе, необходимо следить за развитием следующих технологий:

- пакетные бизнес-возможности (*Packaged Business Capabilities*) – программные компоненты с четко определенной функциональностью, легко распознаваемой бизнес-пользователями. Техническая реализация пакетных бизнес-возможностей представляет собой взаимосвязанный набор схем данных, сервисов, прикладных программных интерфейсов (*API*) и каналов оповещения о событиях (*Event Channel*);
- компонуемое предприятие (*Composable Enterprise*) – реализация подхода, который опирается на *API*-экономику (*API Economy*) – набор бизнес-моделей и практик, построенных вокруг *API*) и обеспечивает необходимые результаты работы за счет сборки и комбинирования пакетных бизнес-возможностей;
- фабрика данных (*Data Fabric*) – архитектура и набор сервисов обработки данных, которые обеспечивают согласование функциональных возможностей во всех конечных точках пользователей, объединяя локальные и облачные среды;
- частные 5G-сети (*Private 5G*);
- встроенные средства ИИ (*Embedded AI*);
- недорогие одноплатные компьютеры для периферийных вычислений.

3 Способный к развитию ИИ (*Formative AI*)

Под созидательным (способным к развитию) ИИ понимают набор инновационных методов в сфере ИИ и связанных с ним технологий, обеспечивающих возможность изменяться, чтобы реагировать на изменения ситуации. Некоторые из этих интеллектуальных инструментов используют при создании новых решений разработчики приложений и *UX*-дизайнеры, проектирующие интерфейсы на основе исследований пользовательского опыта и поведения (*User eXperience*). Другие технологии позволяют разрабатывать ИИ-модели, которые могут динамически развиваться, чтобы со временем адаптироваться к изменению ситуации. Самые продвинутые технологии способны создавать совершенно новые модели, предназначенные для решения конкретных проблем. Генеративный ИИ может порождать новый контент (изображения, видео, музыку и пр.) на основе существующего.

Предприятиям, стремящимся раздвинуть границы применения ИИ, стоит обратить внимание на следующие направления:

- проектирование продуктов с помощью ИИ-инструментов (*AI-Assisted Design*);
- дополненная возможностями ИИ разработка приложений (*AI Augmented Development*), позволяющая ускорить разработку и цикл *DevOps* [9];

- онтология и графы (*Ontologies and Graphs*). В отличие от философии, под онтологией здесь подразумевается не “учение о бытии как таковым, его формах и закономерностях”, а всего лишь явное описание множества объектов и связей между ними (то есть, концептуализация). Под графом знаний [9] понимают такой тип онтологии, которая отображает знания в терминах сущностей и их взаимосвязей динамическим, управляемым данными способом.

- использование “малых данных” (*Small Data*), то есть информации, полученной в результате пристального наблюдения за конкретным человеком. Такая информация необходима для изучения интересов единичных потребителей – в противоположность большим данным (*Big Data*), анализ которых позволяет получить общую картину рынка, увидеть тренды, спрогнозировать изменение спроса или конкуренции;

- комбинированный ИИ (*Composite AI*) подразумевает сочетание различных методов ИИ для повышения точности и эффективности машинного обучения;

- адаптивное машинное обучение (*Adaptive Machine Learning*) [9];

- идея самоконтролируемого обучения (*Self-Supervised Learning*) заключается в разработке такой системы глубокого машинного обучения, которая может научиться заполнять пробелы в данных, что позволит преодолеть один из самых больших недостатков контролируемого обучения – необходимость иметь доступ к большим массивам данных.

- генеративный ИИ (*Generative AI*) представляет собой совокупность методов машинного обучения (таких, как генеративные состязательные сети, преобразователи, вариационные автокодеры), с помощью которых производится изучение представления артефактов (образцов) в обучающих данных. Результаты изучения используются для создания новых, полностью оригинальных, реалистичных артефактов, сохраняющих сходство с данными, использованными при обучении, но не повторяющих исходные артефакты;

- генеративная состязательная сеть (*Generative Adversarial Network*) – алгоритм машинного обучения без учителя, построенный на комбинации из двух нейронных сетей, одна из которых генерирует образцы, а другая – старается отличить правильные (“подлинные”) образцы от неправильных.

4 Доверие, обеспечиваемое алгоритмически (Algorithmic Trust)

В компьютеризированном мире регулярно происходят утечки информации о клиентах, распространяются поддельные фотографии и сфабрикованные видеоролики и т.п. Как

результат, модели доверия, которые базируются на деятельности компетентных (властных) органов, заменяются алгоритмическими моделями, что необходимо для обеспечения конфиденциальности, безопасности данных, для подтверждения активов, а также для надежного идентифицирования людей и различных объектов. Алгоритмические методы помогают организациям обезопасить себя от рисков и расходов, связанных с утратой доверия со стороны своих клиентов, сотрудников и партнеров. К примеру, аутентифицированное происхождение актива будет служить цифровой гарантией того, что он не является поддельным.

Инновационные тренды, связанные с этой сферой:

- периферийный сервис надежного доступа (*Secure Access Service Edge, SASE*) упрощает подключение к глобальной сети и обеспечивает его безопасность за счет реализации в виде облачной услуги, предоставляемой непосредственно источнику подключения (пользователю, устройству, офисному филиалу, объекту интернета вещей, точке, где осуществляются периферийные вычисления), а не центру обработки данных предприятия;

- дифференциальная приватность (*Differential Privacy*);

- подтвержденное происхождение источника (*Authenticated Provenance*);

- подход *Bring Your Own Identity (BYOI)* подразумевает такую цифровую аутентификацию, когда имена и пароли конечных пользователей управляются третьей стороной на основе уже осуществленной надежной аутентификации (например, регистрация на портале госуслуг через интернет-банк);

- ответственный ИИ (*Responsible AI*) означает обеспечение этичного, прозрачного и подотчетного использования возможностей ИИ в соответствии с ожиданиями пользователей, ценностями организации, а также социальными законами и нормами;

- концепция объяснимого ИИ (*Explainable AI*) подразумевает методы и техники применения средств ИИ, позволяющие объяснить полученные ими результаты, в противоположность концепции “ИИ как черный ящик”, когда понять суть используемых алгоритмов и найденных взаимосвязей невозможно [9].

5 Микроэлектроника без кремния (Beyond Silicon)

Уже более четырех десятилетий в соответствии с эмпирическим законом Гордона Мура (*Moore's law*), который является основополагающим для ИТ-индустрии, количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы (ИС), удваивается каждые два года, то есть размеры транзисторов уменьшаются. Современная технология производства ИС

уже приближается к физически достижимым пределам для кремния, который пока остается основным материалом в микроэлектронной промышленности. Новые разработки, которые опираются на другие материалы, обещают появление более компактных микросхем с большим быстродействием.

Из числа продвинутых критически важных технологий можно назвать следующие:

- ДНК-вычисления (*DNA Computing*) – возможности синтетических молекул ДНК и биохимические реакции, вызываемые ферментами, используются для кодирования информации и создания вычислительных систем;
- биоразлагаемые датчики (*Biodegradable Sensors*) – имплантируемые в организм датчики, изготовленные из биологически совместимого материала, способного растворяться в организме;
- транзисторы на основе графена (*Carbon-Based Transistors*).

Несколько слов вместо заключения

Надеемся, что предложенные вниманию читателей взаимодополняющие прогнозы компаний *IDC* и *Gartner* помогут составить некоторую более-менее целостную композицию в отношении вероятных путей развития технологий в 2021 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 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 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. *HPC*-серверы. Дополнение к части IV. Квантовые вычисления. // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №6, с. 66–76; №7, с. 22–23.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Сфера *PLM*, включая *CAE* и *EDA* // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №7, с. 4–19.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №8, с. 68–79.
7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VII. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №1, с. 76–87.
8. 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.
9. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VIII. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №2, с. 68–78.
10. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VIII. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №2, с. 70–78.
11. 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.
12. 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.
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.
14. 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.
15. 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.