

Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 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 девятый раз. Что же касается периода 2020–2021 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 2021 год и распределенная по следующим четырём разделам:

1 Интеллектуальные заделы для развития

- Мировой рейтинг патентных ведомств по количеству поданных заявок

- Рейтинг компаний по числу патентов, зарегистрированных в США

Patents applications submitted in the first ten patent offices in the world for 2017–2020 and non-resident share (%) for 2020 according to data of World Intellectual Property Organization (September, 2021)

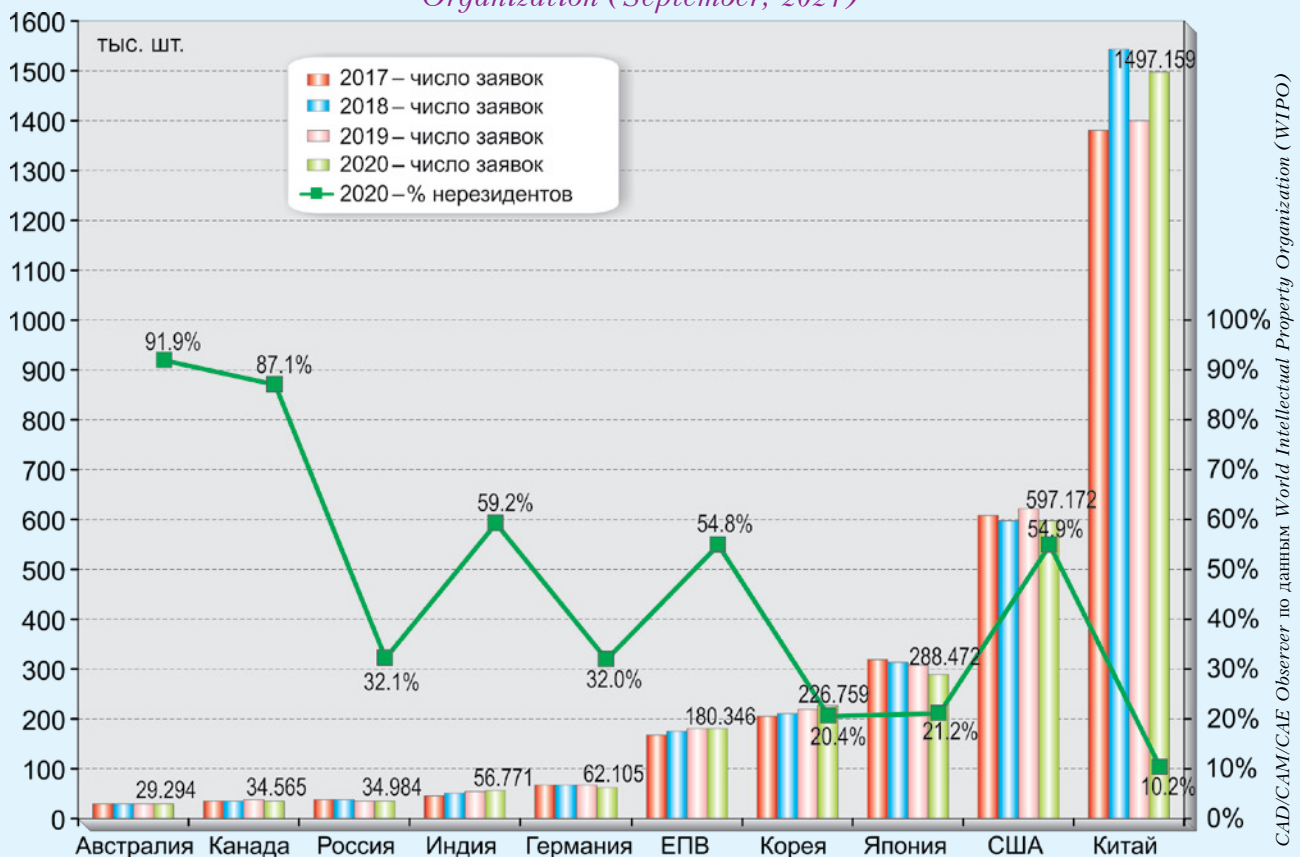


Рис. 1. Число заявок на патенты, поданных в 2017–2020 гг. в первой десятке патентных ведомств мира, а также доля (%) заявок от нерезидентов в 2020 году (по данным World Intellectual Property Organization, сентябрь 2021 г.)

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

- 2 Финансовые ресурсы для развития

- 3 Прогнозы аналитиков *IDC*

- 4 Прогнозы *Gartner*: циклы зрелости инновационных технологий в 2021 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.

По традиции, начнем с краткого обзора обобщенных данных об интеллектуальных запасах 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

Patents registered in USA for 2018÷2021 of Top10 companies-leaders in 2021

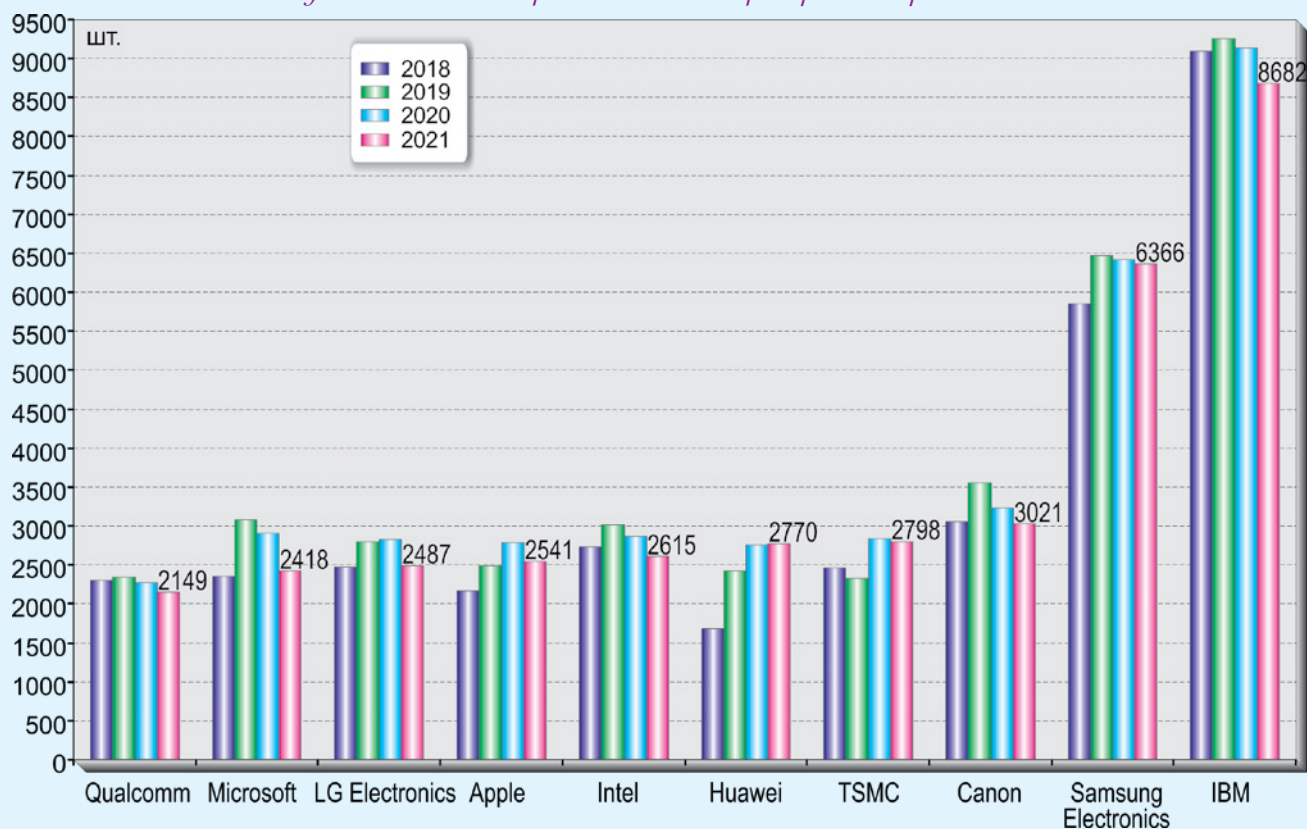


Рис. 2. Число патентов, которые зарегистрировали в США в 2018–2021 гг. десять компаний, ставших лидерами по этому показателю в 2021 году

является необходимым условием создания новых продуктов (рис. 3, табл. 3).

Список рассматриваемых высокотехнологических компаний – ведущих поставщиков устройств, облачной инфраструктуры, включая инструментарий искусственного интеллекта и квантовых вычислений, а также процессоров и операционных систем – актуализирован в предыдущей части текущего обзора [7, табл. 3]. Ведущие поставщики систем PLM, CAE и EDA также были рассмотрены в рамках текущего обзора [6]. В табл. 1–3 включены и другие компании, не 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 (WIPO).

На рис. 1 показана первая десятка ведущих патентных ведомств мира, отранжированных по количеству поданных заявок на патенты в 2017–2020 гг. (данные WIPO за 2020 год опубликованы в сентябре 2021 г.).

Табл. 1. Количество патентов, зарегистрированных в США в 2018–2021 гг. лидерами рассматриваемых рынков, и их места в рейтингах по этому показателю (источник: ificlaims.com)

Компания	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	Место	Кол-во патентов	Место	Кол-во патентов	Место	Кол-во патентов	Место	Кол-во патентов
<i>IBM</i>	1	9 100	1	9 262	1	9 130	1	8 682
<i>Samsung Electronics</i>	2	5 850	2	6 469	2	6 415	2	6 366
<i>TSMC</i>	6	2 465	12	2 331	6	2 833	4	2 798
<i>Huawei</i>	16	1 680	10	2 418	9	2 761	5	2 770
<i>Intel</i>	4	2 735	5	3 020	5	2 867	6	2 615
<i>Apple</i>	9	2 160	7	2 490	8	2 791	7	2 541
<i>LG Electronics</i>	6	2 805	6	2 474	7	2 831	8	2 487
<i>Microsoft</i>	7	2 353	4	3 081	4	2 905	9	2 418
<i>Qualcomm</i>	8	2 300	11	2 348	10	2 276	10	2 149
<i>Amazon</i>	12	2 035	9	2 427	11	2 244	14	1 942
<i>Micron</i>	34	924	25	1 268	19	1 535	15	1 789
<i>Sony</i>	15	1 688	14	2 142	12	2 239	16	1 683
<i>Google</i>	11	2 070	15	2 102	17	1 817	18	1 493
<i>Texas Instruments</i>	42	923	42	894	29	1 147	29	970
<i>Cisco</i>	37	785	33	1 050	31	1 059	30	961
<i>SK hynix</i>	41	801	47	798	40	930	31	959
<i>Hewlett-Packard</i>	66	545	52	770	44	873	34	919
<i>Dell</i>	–	–	–	–	45	849	45	771
<i>Fujitsu</i>	29	1 038	35	1 008	42	917	–	–
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	76	428	48	794	47	807	–	–
<i>Oracle</i>	47	685	44	847	–	–	–	–
<i>Siemens</i>	36	870	53	725	–	–	–	–
<i>GlobalFoundries</i>	52	635	66	597	–	–	–	–
<i>Nokia</i>	78	417	89	428	–	–	–	–
Всего у компаний – участников обозреваемых рынков		45 292		49 743		49 226		44 313
Доля от общего числа патентов	Top100	44.8%	Top100	42.9%	Top50	55.9%	Top50	54.7%
Общее число патентов	Top100	101 179	Top100	115 999	Top50	88 044	Top50	81 083

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 стран-лидеров в 2020 году выглядел следующим образом:

1 Китай – 1 497 159 заявок, в том числе 152 342 (10.2%) от нерезидентов Китая;

2 США – 597 172 заявки, в том числе 327 586 (54.9%) от нерезидентов США;

3 Япония – 288 472 заявки, в том числе 61 124 (21.4%) от нерезидентов Японии;

4 Корея – 226 759 заявок, в том числе 46 282 (20.4%) от нерезидентов Кореи.

Для сравнения воспроизведем также цифры из прошлогоднего обзора [8]:

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.

Как видим, порядок стран в рейтинге не изменился, равно как и порядок чисел.

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

Россия по количеству поданных заявок в 2020 году находится на 8-м месте – 36 883, в том числе 11 225 (32.1%) от нерезидентов РФ. Напомним, что в 2019 году страна занимала 9-е место с числом заявок 35 511, доля заявок от нерезидентов РФ была 34.3% (или 12 174), а в 2018 году – 8-е место с числом заявок 37 957 и 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 24 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 2020 и 2021 гг. – только 50 компаний.

Рейтинг по числу ежегодно регистрируемых патентов уже 29 лет бесспорно возглавляет *IBM*. В прошлом, 2021 году, компания получила **8682 патента**, в позапрошлом, 2020 году – 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 [8–15].

За время наших наблюдений, с 2009 года, второе место по патентованию неизменно занимает компания *Samsung*, зарегистрировавшая в 2021 году **6366 патентов** (примерно на 27% меньше, чем у лидера). В 2020 году удача на счету компании было немного больше – 6415 патентов.

Бронзовым призером рейтинга с 2011 года является *Canon* с результатом **3026** зарегистрированных патентов в 2021 году, что более чем вдвое меньше, чем у серебряного призера. В 2020 году эта компания тоже получила несколько больше патентов – 3225.

Всего на счету компаний из *Top50* в 2021 году оказалось **81 083** зарегистрированных патента.

1.3 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*).

В общей сумме на счету компаний из *Top250* в 2021 году – 2 820 419 действующих патентов, что почти на три пятых больше, чем в 2020 году, когда в рейтинге было 1 782 318 действующих патентов. Такое расширение произошло, по всей видимости, за счет китайских компаний и организаций, которые вызвали существенные подвижки в распределении мест. С полным списком интересующиеся могут ознакомиться на сайте американского патентного ведомства. Отметим лишь, что

Табл. 2. Количество действующих (*active*) патентов у лидеров рассматриваемых рынков, и их места в рейтингах по этому показателю в 2019–2021 гг. (источник: *ificlaims.com*)

Компания	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	Место	Количество действующих патентов	Место	Количество действующих патентов	Место	Количество действующих патентов
<i>Samsung Electronics</i>	1	76 638	1	80 577	1	90 416
<i>Huawei</i>	29	14 315	24	17 112	4	48 307
<i>IBM</i>	2	37 304	2	38 541	8	41 937
<i>Siemens</i>	8	25 320	10	22 373	14	33 877
<i>Microsoft</i>	5	29 824	4	30 042	15	32 173
<i>BBK Electronics</i>	–	–	–	–	17	30 734
<i>LG Electronics</i>	10	23 043	7	24 313	21	27 378
<i>Sony</i>	13	21 167	12	21 931	23	26 910
<i>Intel</i>	9	24 628	9	23 523	24	25 784
<i>Qualcomm</i>	12	21 255	15	21 522	28	23 351
<i>Alphabet (Google)</i>	14	21 084	13	21 762	31	22 822
<i>Nokia</i>	16	20 492	18	18 742	32	22 708
<i>Apple</i>	27	14 849	20	18 161	38	20 491
<i>Tencent</i>	206	1 769	218	2 311	39	19 844
<i>Lenovo</i>	82	6 379	82	6 648	42	19 406
<i>Fujitsu</i>	19	17 564	25	16 237	44	18 475
<i>TSMC</i>	39	12 792	30	14 268	48	16 739
<i>Hewlett-Packard</i>	32	13 673	35	13 565	50	15 816
<i>Dell</i>	34	13 313	26	15 607	54	14 413
<i>Broadcom</i>	24	15 135	31	14 219	58	13 675
<i>Oracle</i>	35	13 254	37	13 212	60	13 303
<i>Texas Instruments</i>	36	13 253	36	13 282	61	13 264
<i>Amazon</i>	52	9 455	46	11 060	64	12 484
<i>Cisco</i>	43	11 498	44	11 874	67	12 215
<i>Xiaomi</i>	–	–	–	–	74	11 379
<i>NXP Semiconductors</i>	55	9 328	52	9 787	80	10 696
<i>BlackBerry (Research In Motion)</i>	54	9 379	55	9 498	90	9 624
<i>SK hynix</i>	68	7 934	64	8 543	91	9 530
<i>STMicroelectronics</i>	61	8 630	63	8 544	96	9 179
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	66	8 125	66	8 421	99	8 961
<i>Alibaba</i>	–	–	–	–	116	7 512
<i>GlobalFoundries</i>	53	9 426	71	7 600	117	7 508
<i>MediaTek</i>	103	4 826	103	5 033	141	5 941
<i>Marvell</i>	122	4 197	110	4 766	158	5 365
<i>Motorola</i>	142	3 246	158	3 256	176	4 834
<i>Nvidia</i>	148	3 135	138	3 787	197	4 103
<i>AMD</i>	–	–	146	3 512	212	3 846
<i>ASML Holding</i>	–	–	175	2 867	249	3 137
<i>Softbank</i>	–	–	183	2 739	–	–
Всего у компаний – участников обзореваемых рынков		526 230		549 235		718 137
Доля от общего числа патентов		31.4%		30.8%		25.5%
Общее число патентов		1 677 106		1 782 318		2 820 419

второе место заняла Китайская академия наук (*Chinese Academy of Sciences*) с результатом 78 415 действующих патентов.

Данные рейтинга за последние три года выборочно представлены в табл. 2 – для тех 39 компаний, которые работают на рынках, рассматриваемых в нашем обзоре.

Золотым медалистом в 2021 году, как и в 2020 году, стала компания **Samsung** с **90 416** действующими патентами. Почетное 4-е место в 2021 году заняла китайская компания **Huawei** (**48 307** действующих патентов), которая поднялась с 24-го места в 2020 году. Серебряный призер 2020 года, компания **IBM** в 2021 году находится всего лишь на 8-м месте – **41 937** действующих патентов.

При сравнении данных для компаний *Samsung* и *IBM* (табл. 1, 2) невольно возникает вопрос, насколько оправдана незатухающая во времени экстремальная активность сотрудников патентной службы *IBM*,

демонстрирующей рекордную скорость работы (в 2020 и 2021 гг. в среднем регистрировано 25 и 24 заявки на патенты в день, считая выходные и праздничные). Справедливости ради надо заметить, что “шустрит” не только американская патентная служба *IBM* – от неё не сильно отстает корейская патентная служба *Samsung*, продуктивность которой составляет примерно 17–18 заявок в день!

Здесь традиционно возникает риторический вопрос: ждут ли нас в скором будущем столь же многочисленные ошеломляющие прорывы, когда количество, наконец, перейдет в качество?

2. Финансовые ресурсы для развития

Сравнить размеры инвестиций высокотехнологических компаний в НИОКР позволяет ежегодное исследование “*EU Industrial R&D Investment Scoreboard*”, подготавливаемое по заказу Европейской Комиссии. Обращаем

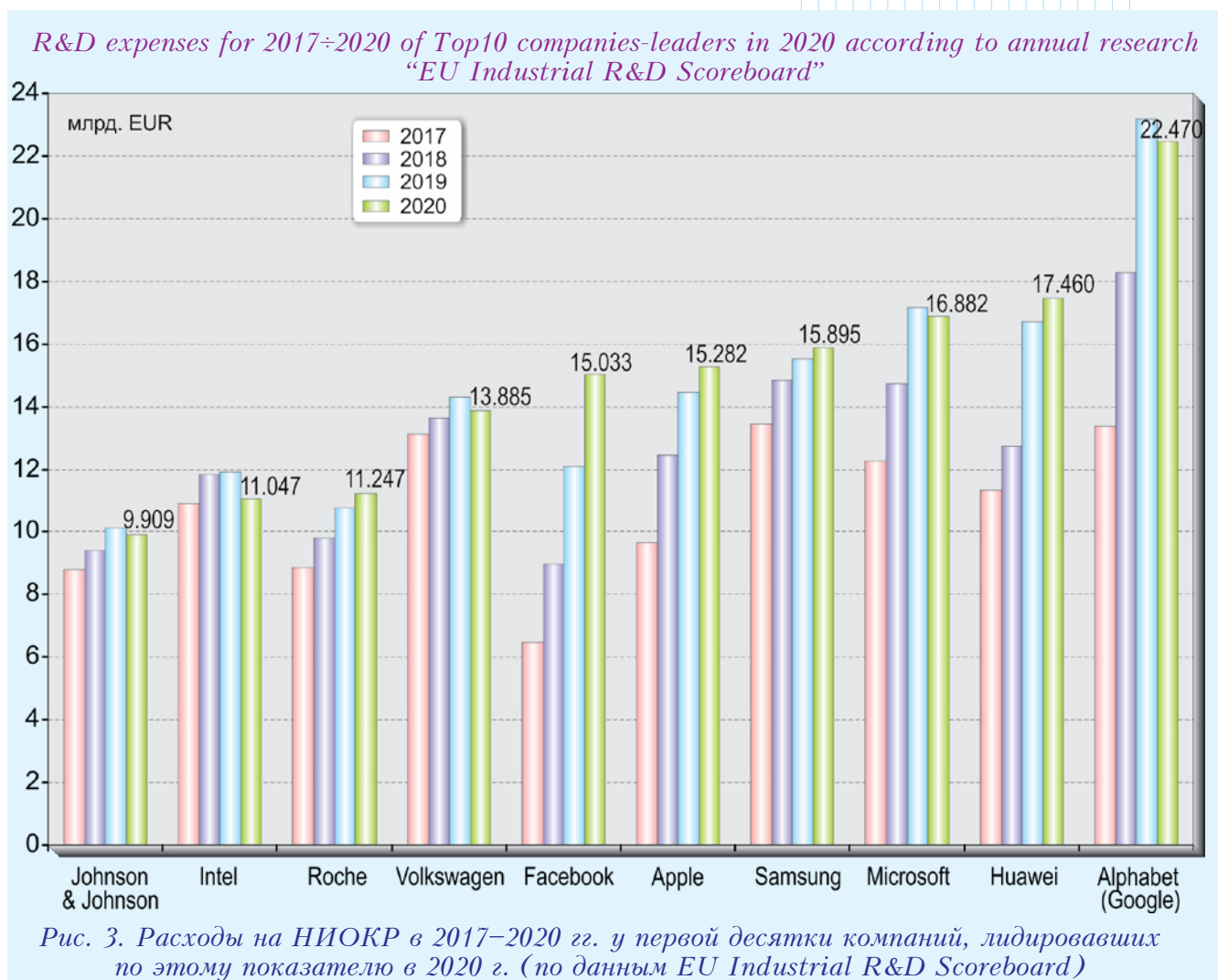


Табл. 3. Расходы на НИОКР в 2018–2020 гг. у лидеров рассматриваемых рынков и их места в рейтингах (по данным *EU Industrial R&D Scoreboard*)

Компания	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	Место	R&D млрд. EUR	Место	R&D млрд. EUR	Место	R&D млрд. EUR
<i>Alphabet (Google)</i>	1	18.271	1	23.160	1	22.470
<i>Huawei</i>	5	12.740	3	16.713	2	17.460
<i>Microsoft</i>	3	14.739	2	17.152	3	16.882
<i>Samsung</i>	2	14.831	4	15.525	4	15.895
<i>Apple</i>	6	12.433	5	14.436	5	15.282
<i>Facebook</i>	11	8.972	7	12.106	6	15.033
<i>Intel</i>	7	11.828	8	11.894	9	11.047
<i>Alibaba</i>	28	4.771	26	5.488	17	7.138
<i>Oracle</i>	25	5.263	27	5.401	25	5.319
<i>Cisco</i>	23	5.530	24	5.855	26	5.172
<i>Siemens</i>	21	5.909	21	6.086	30	5.020
<i>Qualcomm</i>	27	4.881	31	4.805	32	4.869
<i>Tencent</i>	53	2.923	46	3.871	33	4.860
<i>IBM</i>	33	4.150	33	4.768	34	4.696
<i>SAP</i>	43	3.612	38	4.283	35	4.447
<i>Dell Technologies</i>	31	4.317	34	4.742	36	4.299
<i>Sony</i>	39	3.792	43	4.073	37	4.130
<i>Broadcom</i>	49	3.291	41	4.180	39	4.049
<i>Nokia</i>	36	4.044	36	4.411	44	3.841
<i>NVIDIA</i>	67	2.075	61	2.518	54	3.198
<i>TSMC</i>	60	2.441	58	2.703	55	3.130
<i>Salesforce</i>	90	1.647	62	2.462	57	2.932
<i>LG</i>	57	2.646	55	2.773	61	2.651
<i>SK hynix</i>	63	2.263	64	2.417	62	2.487
<i>MediaTek</i>	92	1.635	83	1.863	70	2.210
<i>ASML Holding</i>	101	1.469	85	1.844	76	2.069
<i>ZTE</i>	103	1.460	95	1.659	84	1.863
<i>Adobe</i>	109	1.343	92	1.718	91	1.783
<i>AMD</i>	117	1.252	115	1.377	99	1.616
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	104	1.452	97	1.640	104	1.527
<i>Softbank</i>	111	1.316	119	1.363	115	1.401
<i>NXP Semiconductors</i>	99	1.485	108	1.448	116	1.374
<i>Infineon Technologies</i>	162	0.979	153	1.068	124	1.253
<i>Texas Instruments</i>	108	1.362	116	1.374	125	1.247
<i>STMicroelectronics</i>	129	1.183	133	1.212	143	1.090
<i>Lenovo</i>	154	1.016	155	1.054	149	1.056
<i>Xiaomi</i>	219	0.671	187	0.888	151	1.051
<i>Synopsys</i>	166	0.950	165	1.016	154	1.046
<i>Dassault Systemes</i>	233	0.631	223	0.738	169	0.935
<i>Fujitsu</i>	143	1.063	167	1.006	179	0.895
<i>Marvell</i>	192	0.798	175	0.962	182	0.874
<i>Cadence Design Systems</i>	197	0.776	200	0.835	189	0.843
<i>Autodesk</i>	232	0.633	214	0.758	219	0.760
<i>SMIC</i>	292	0.471	262	0.598	288	0.540
<i>ASUS</i>	411	0.314	343	0.417	309	0.482
<i>Inspur Electronics</i>	508	0.240	490	0.284	441	0.316
<i>ANSYS</i>	572	0.204	520	0.265	483	0.290
<i>PTC</i>	538	0.218	607	0.220	633	0.209
<i>Altair Engineering</i>	1197	0.085	1127	0.105	1154	0.103
<i>Atos</i>	930	0.117	1329	0.084	1518	0.072
<i>Acer</i>	1345	0.073	1425	0.076	1601	0.068

внимание читателей, что показатели инвестиций в R&D публикуются с годичной задержкой, так что приведенные ниже цифры и достижения соответствуют давно прошедшему 2020 году.

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

В 2020 году первое место по размеру инвестиций в создание новых продуктов уже третий год подряд заняла компания **Alphabet/Google**.

Кроме нее в первую десятку вошли следующие кузнецы хайтека: *Huawei* (2-е место), *Microsoft* (3-е место), *Samsung* (4-е место), *Apple* (5-е место), *Facebook* (6-е место) и *Intel* (9-е место).

При сравнении с 2019 годом перемещения компаний в рейтинге выглядят так: *Huawei* – с 3-го места на 2-е; *Microsoft* – со 2-го места на 3-е; *Facebook* – с 7-го места на 6-е; *Intel* – с 8-го места на 9-е.

В табл. 3 показаны данные из мирового рейтинга Top-2500 для 51 компании, значительная часть из которых 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 у них возникнет.

3. Прогнозы аналитиков IDC

В октябре 2021 года компания IDC обнародовала исследование “*IDC FutureScape: Worldwide IT Industry 2022 Predictions*”, в котором представлены прогнозы и сформулированы ключевые факторы развития мировой ИТ-индустрии на 2022 год и в последующий пятилетний период.

В исследовании рассматриваются проблемы, которые в среднесрочной и долгосрочной перспективе необходимо решить корпоративным ИТ-подразделениям в процессе освоения, определения границ применения и

управления технологиями. Это необходимо делать, чтобы обеспечить успешное развитие компании в мире, базирующемся преимущественно на цифровых технологиях (*Digital-First Company*), преодолевая при этом последствия, вызванные пандемией COVID-19, и справляясь с противоречивыми тенденциями, связанными с меняющимися экономическими условиями.

Среди всех отраслей экономики с наибольшими трансформациями столкнется сама сфера информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) – в силу необходимости освоения способа доставки отдельных компонент по схеме “как услуга” и построения операционной модели своей деятельности в условиях радикальных изменений в структуре экосистем и производственно-технологических связей. Кроме того, растет понимание того, что существенно повышается роль данных, и это требует от ИТ-служб обеспечить их приумножение, организацию управления данными и эффективного коллективного использования.



Рис. 4. Ключевые факторы развития мировой ИТ-индустрии в 2022–2027 гг. Прогноз от IDC (октябрь 2021 г.)

Совершенно очевидно, что все мы сейчас живем и работаем в мире, ориентированном на цифровые технологии.

Приведем некоторые количественные оценки **распространения влияния** цифрового мира от аналитиков *IDC*. Ожидается, что уже в 2022 году более половины мировой экономики будет цифровой или будет развиваться под влиянием цифровых технологий. В 2023 году подавляющее большинство (порядка 90%) предприятий в мире для дополнения своих физических активов и производственных возможностей в качестве приоритета выберут инвестиции в цифровые инструменты. К 2024 году целью более половины (порядка 55%) инвестиций в ИКТ будет направлено на цифровую трансформацию предприятий.

Далее сделаем беглый обзор новейшего топа-10 от *IDC*. Желаящих освежить в памяти топы (включая уже и ковидный), подготовленные аналитиками этой компании, отсылаем к нашим прежним публикациям [8–15].

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.

1 Стимулы развития ИКТ-поставщиков

К 2024 году поставщики цифровых технологий (*Digital-First Company*) при разработке своих решений будут учитывать степень удовлетворенности клиентов (*Customer Experience*) качеством предлагаемых цифровых сервисов. Более двух третей (70%) всего объема инвестиций будет направлено на разработку операционных моделей, ориентированных на достижение сформулированных целевых показателей деятельности (*Outcomes-Centric Model*), а также разработку технологии доставки необходимых пользователю решений по схеме “все как услуга” (*All-as-a-Service*).

2 Новые принципы выбора облаков

К 2023 году у 40% компаний из списка *Global 2000* изменятся подходы к выбору базовых характеристик для применяемых облачных технологий. Основным критерием при оценке будет результативность деятельности

(*Business Outcomes*), а не требования к техническим характеристикам предоставляемых провайдерами устройств и наборов приложений для обработки данных (в том числе с использованием периферийных (*Edge*) вычислений) и для обращения к экосистемам.

3 Готовность ИТ-персонала к управлению ресурсами

К 2023 году на четырех пятых (80%) предприятий для управления, оптимизации и защиты распределенных ресурсов и данных будут применяться облачные сервисы с элементами искусственного интеллекта (ИИ). Однако недостаточная квалификация персонала ИТ-подразделений более двух третей (70%) компаний пока еще не позволит получить полноценный эффект от возможностей, заложенных в интеллектуальные сервисы.

4 Расширение портфелей решений для цифровизации

В 2022 году изменится структура бюджетов ИТ-подразделений крупных предприятий – 40% инвестиций будут направлены на внедрение интегрированных пакетов, предлагаемых в виде сервиса, в самых разных областях (кибербезопасность, виртуальные рабочие места и др.).

5 Структурные преобразования отрасли

В ближайшее десятилетие в компаниях-лидерах ИТ-индустрии ожидаются системные структурные преобразования, на которые компании вынуждены будут пойти в результате развития и распространения новых технологий, – например, коммуникационные сети стандарта 5G, электрические транспортные средства, финансовые блокчейн-технологии, – которые окажут значительное влияние на приоритеты деятельности компаний и их планы развития технологий.

К 2026 году отраслевые лидеры утратят инвестиции в разработку новых системных цифровых сред, при этом будут стремиться к шестикратному увеличению эффективности ИТ-инфраструктуры.

6 Расширение возможностей персонала эффективнее автоматизации

К 2024 году для более двух третей (70%) компаний из списка *Global 2000* отдача от инвестиций в технологии, направленные на расширение, за счет применения методов ИИ, возможностей персонала и контрагентов

компания в процессе их деятельности, будет в два раза выше в сравнении с отдачей от инвестиций, направленных на автоматизацию отдельных бизнес-процессов.

7 Цифровая независимость

К 2025 году региональные различия в требованиях к конфиденциальности, безопасности, а также размещению, использованию и раскрытию данных заставят четыре пятых (80%) из списка компаний провести реструктуризацию процессов управления данными с целью их построения на принципах автономности.

8 Переосмысление опыта цифровизации

К 2023 году 50% компаний из списка *Global 2000* половину объема своих инвестиций направят на приобретение новых аппаратных средств и нового оборудования для подключения к компьютерным сетям, что позволит на новой концептуальной базе, переосмыслив опыт взаимодействия с контрагентами и сотрудниками компании, организовать совместную деятельность с учетом

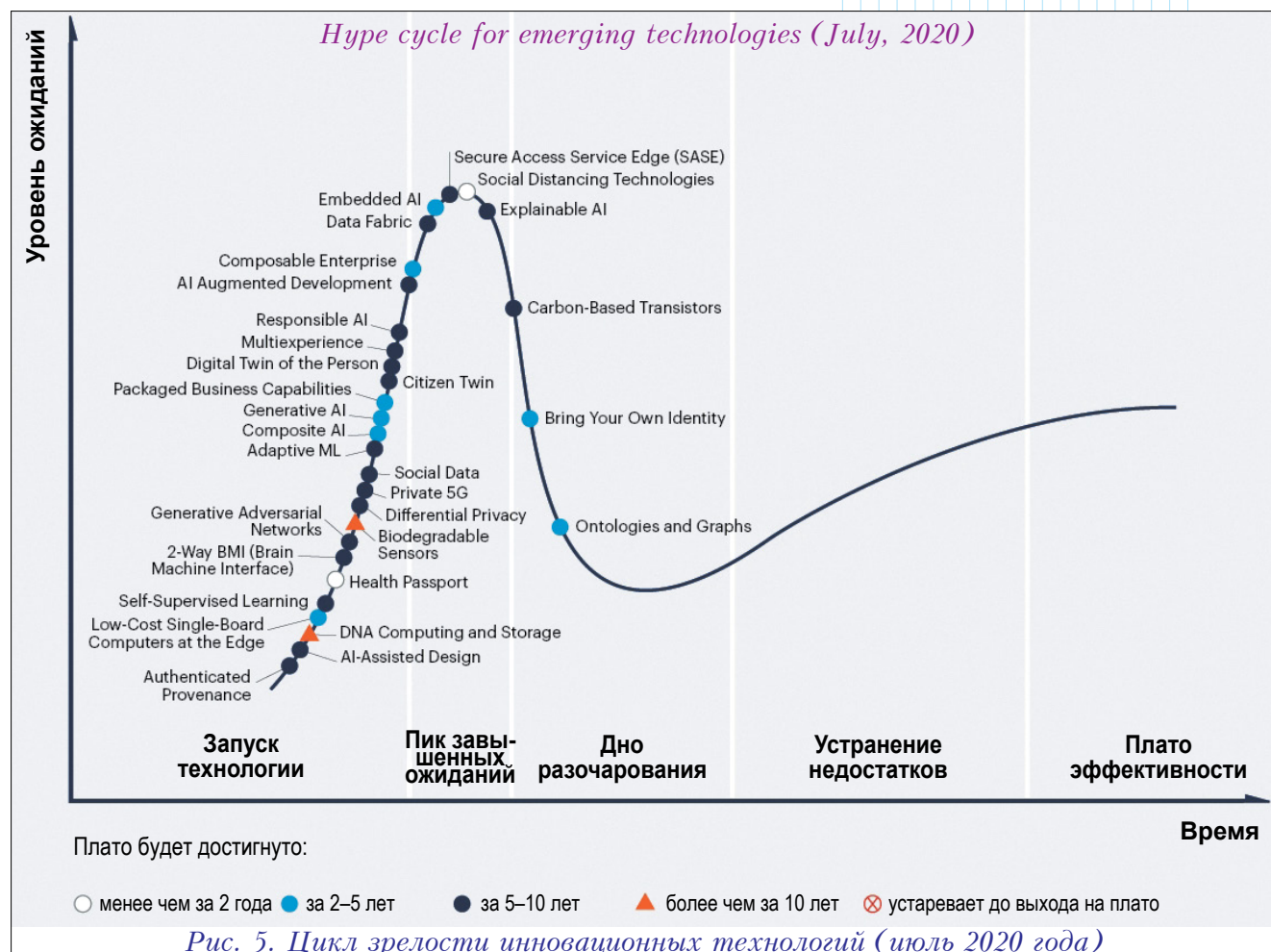
их реального местонахождения (в первую очередь, удаленного от офисов компании).

9 Устойчивое развитие в аспекте цифровизации

К 2025 году в 60% компаний из списка *Global 2000* будут организованы подразделения, отвечающие за устойчивое развитие в аспекте цифровизации. К функциям таких подразделений относятся оценка, сертификация и координация данных, характеризующих устойчивость бизнеса и ИТ-систем компании, а также аналитических платформ, предлагаемых провайдерами ИКТ.

10 Контроль данных

К 2025 году в оценке деятельности государственных предприятий, кроме финансового контроля, важную роль будет играть доверие к средствам контроля за надлежащим и эффективным использованием данных, особенно учитывая значительное увеличение инвестиций в решения для обработки данных.



4. Прогнозы *Gartner*: циклы зрелости инновационных технологий в 2021 году

Наиболее долговременным проектом *Gartner* является ежегодная подготовка и публикация актуального исследования циклов зрелости (точнее, циклов ожиданий профессионального сообщества в отношении) инновационных технологий (*Hype Cycle For Emerging Technologies*). Такое исследование объединяет перспективы и тренды развития цифровых технологий, относящихся к различным отраслям, и позволяет позиционировать их на кривой, отражающей степень общественного интереса. Основная цель: 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, предпринимателям и другим. Наглядное графическое представление позволяет заинтересованным организациям наблюдать в динамике

за процессом созревания технологий, анализировать их прибыльность, а также реакцию рынка на инновации.

Гартнеровские циклы по состоянию на июль 2021 года представил **Brian Burke**, вице-президент компании *Gartner* по исследованиям. В общей сложности было рассмотрено свыше тысячи пятисот инновационных направлений в компьютерной сфере, из которых аналитики отобрали двадцать пять наиболее перспективных (рис. 6). Принятые обозначения подробно обсуждались в [15, рис. 1].

В качестве разминки перед чтением нашего пересказа комментариев, подготовленных аналитиками *Gartner*, предлагаем читателям “найти 10 отличий” с предыдущими позициями на гартнеровской кривой, представленной в августе 2020 года (рис. 5), а также в комментариях к ним. Желающих освежить в памяти более древнюю историю прогнозов отсылаем к нашим старым публикациям [8–15].

В ходе исследования в 2021 году аналитики *Gartner* сформулировали следующие три

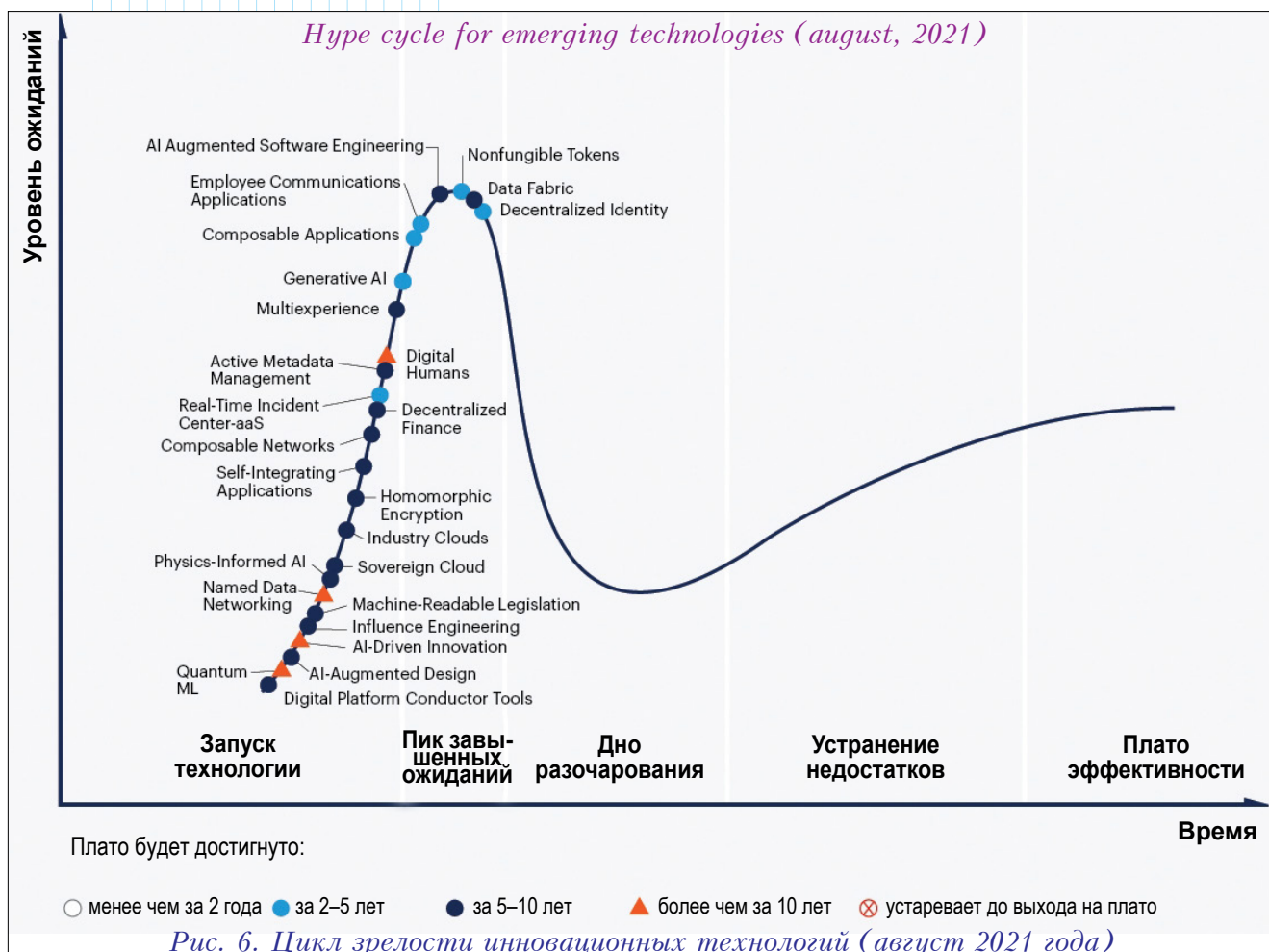


Рис. 6. Цикл зрелости инновационных технологий (август 2021 года)

ключевые тенденции технологического развития на ближайшее будущее.

1 Обеспечение доверия к инновационным ИКТ (*Engineering Trust*).

2 Ускорение роста бизнеса (*Accelerating Growth*).

3 Формирование перемен (*Sculpting Change*).

1 Обеспечение доверия к инновационным ИКТ

Доверие предполагает необходимость обеспечения информационной безопасности и надежности. Это распространяется и на инновации, являющиеся надежным ядром и базовыми элементами информационных технологий, способствующих увеличению стоимости бизнеса.

Сегодня на рынке цифровых и облачных технологий и сервисов доминируют американские и азиатские вендоры. В результате многим европейским компаниям для хранения своих данных приходится использовать оборудование вендоров, расположенное на других континентах. Это может вызывать политическую напряженность, поскольку возникают опасения, связанные с сохранением контроля над данными, а также необходимостью соблюдения законодательства страны, где размещается оборудование. Способом достижения цифрового суверенитета и суверенитета данных может стать использование так называемого суверенного облака (*Sovereign Cloud*), что обеспечит соблюдение требований законодательства стран, регулирующего защиту данных, местоположение хранилища данных, условия протекционизма и сбора разведывательной информации.

Направления, на которые стоит обратить внимание:

- Суверенное облако (*Sovereign Cloud*).
- Невзаимозаменяемый или уникальный токен (*Non-fungible Tokens, NFT*) – вид криптографических токенов, каждый из которых уникален и не может быть замещен другим, несмотря на то что токены по своей природе взаимозаменяемы. Токен представляет собой запись в регистре, распределенную в блокчейн-цепочке.

• Машиночитаемое право (*Machine-Readable Legislation*) – часть законодательных норм, которая описана формализованным языком и может быть переведена в программный код, чтобы исполняться автоматическим образом. Автоматизированное право может обеспечить точность и предсказуемость правоприменения, экономию ресурсов, принципиально другую

скорость реализации правовых отношений, а также автоматическую защиту интересов.

• Децентрализованная идентичность (*Decentralized Identity*) – технология, в которой идентификаторы, такие как имена пользователей, могут быть заменены самостоятельными и независимыми идентификаторами, позволяющими обмениваться данными с использованием технологий блокчейна и распределенного реестра с целью обеспечения конфиденциальности и безопасности транзакций.

• Децентрализованные финансы (*Decentralized Finance*) основываются на безопасных распределенных реестрах, аналогичных тем, которые используются криптовалютами. Система устраняет контроль банков и учреждений над деньгами, финансовыми продуктами и финансовыми услугами.

• Гомоморфное шифрование (*Homomorphic Encryption*) – способ шифрования, позволяющий производить определенные математические действия с зашифрованным текстом и получать зашифрованный результат, который соответствует результату операций, выполненных с открытым текстом.

• Управление активными метаданными (*Active Metadata Management*) – то есть метаданными, дополненными с помощью машинного обучения, которые можно использовать для выполнения действий или принятия решений.

• Фабрика данных (*Data Fabric*) [8].

• Центр реагирования на инциденты в режиме реального времени (*Real-Time Incident Center*) в случае кибератак с целью проведения всестороннего ретроспективного анализа, устранения последствий и предотвращения кибератак, возможных в будущем.

• Программные приложения для коммуникаций между сотрудниками компании (*Employee Communications Applications*) – набор онлайн-инструментов, предназначенных для обмена сообщениями и файлами между сотрудниками компании и обеспечения их коллективной работы, а также для синхронизации работы вне зависимости от местоположения или часовых поясов, в которых находятся отдельные сотрудники.

2 Ускорение роста бизнеса

После построения ядра бизнеса на надежной инновационной основе, имеет место возврат инвестиций с последующим ростом бизнеса. Чтобы добиться достижения ближайших намеченных целей, компаниям необходимо найти баланс между рисками в развитии технологий

и рисками в расширении бизнеса и завоевании новых рынков. Как только созданное на инновационной основе ядро бизнеса может быть масштабировано, наблюдается стремительный рост возможностей компании и стоимости бизнеса.

К примеру, в фармацевтической промышленности для сокращения затрат и времени на разработку новых лекарств используются возможности генеративного искусственного интеллекта. Аналитики *Gartner* оценивают, что к 2025 году с применением таких методов будет разработано более 30% новых лекарств. Более того, генеративный ИИ позволит не только ускорить проектирование новых изделий с улучшенными свойствами в различных отраслях, но и откроет возможности “изобретения” новых конструкций, на которые инженеры без вооруженности алгоритмами ИИ могли просто не обратить внимания (генеративное проектирование).

Предлагается обратить внимание на следующие направления:

- Многофункциональность (*Multiexperience*) [8].
- Отраслевое облако (*Industry Cloud*) – совокупность специализированных облачных инструментов и сервисов, предназначенных для задач, решаемых в конкретной отрасли.
- Инновации на основе ИИ (*AI-driven innovation*).
- Квантовое машинное обучение (*Quantum Machine Learning, QML*) – применение квантовых вычислений для реализации алгоритмов машинного обучения.
- Генеративный ИИ (*Generative AI*) [8].
- Цифровые люди (*Digital Humans*) – совокупность приложений на базе ИИ, “упакованных” в фотореалистичную 3D-оболочку, визуально практически неотличимую от реального человека. Цифровые люди использовались в средствах массовой информации и сфере развлечений – персонажи видеоигр, компьютерные персонажи в фильмах и т.п. Процесс создания цифрового человека чрезвычайно трудоемкий и требует ручного труда.

3 Формирование перемен

Перемены могут оказать разрушающее воздействие и привести к хаосу. Однако инновации могут использоваться компаниями для формирования контуров грядущих изменений, чтобы свести к минимуму возникающую в процессе изменений неупорядоченность. Искусство заключается в том, чтобы предвидеть потребности развития компании и автоматически подстраиваться под грядущие изменения.

Так, компокуемые бизнес-приложения позволяют лучше согласовывать заложенный в них опыт с меняющимся контекстом ведения бизнеса. Такой компокуемый бизнес, опирающийся на функциональность компокуемых приложений и соответствующее мышление, позволяет организациям четко понимать и оперативно использовать бизнес-возможности, реагировать на неожиданные изменения рыночных условий и удовлетворять меняющиеся требования клиентов, сохраняя их лояльность компании.

На что следует обратить особое внимание:

- Компокуемые (составные) приложения (*Composable Applications*) – набор небольших приложений, из которых можно скомпоковать ИТ-решение с необходимой конфигурацией под конкретную задачу; в отличие от “моноклитного” ИТ-решения, на которое завязано решение всех задач компании.
- Компокуемые сети (*Composable Networks*) – элемент компокуемой инфраструктуры, которая рассматривает вычислительные ресурсы, устройства хранения и сетевые устройства как совокупность ресурсов, из которых можно складывать необходимую конфигурацию в зависимости от требуемой рабочей нагрузки для достижения оптимальной производительности, обеспечивая гибкость при решении конкретных задач.
- Дополненная возможностями ИИ разработка новых изделий (*AI-Augmented Design*).
- Дополненная возможностями ИИ разработка программного обеспечения (*AI-Augmented Software Engineering*).
- Использование при обучении ИИ физических законов (*Physics-Informed AI*), описываемых уравнениями в частных производных. Необходимые для обучения наборы данных могут быть сформированы с помощью аппроксимаций универсальными функциями полученных решений физических задач.
- Разработки с целью оказания влияния на потребителя (*Influence Engineering*) связаны с созданием алгоритмов и методик, позволяющих автоматизировать цифровой опыт пользователей. В основе лежит изучение и применение факторов, связанных с человеческим поведением, которое определяется особенностями личности, ситуацией, в которую попадает человек, реакцией человека на окружающую среду.
- Инструменты “дирижирования” цифровой платформой (*Digital Platform Conductor Tools*) применяются руководителями ИТ-подразделений

компаний для управления инфраструктурой вне зависимости от цифровой среды и её местоположения.

- Именованная сеть передачи данных (*Named Data Networking, NDN*) – предлагаемая будущая архитектура интернета, связанная с такими концепциями, как контентно-центричная сеть, информационно-центричная сеть и др. Разработана на базе многолетних эмпирических исследований применения сети, выявивших нерешенные проблемы с текущей архитектурой.

- Самоинтегрирующиеся приложения (*Self-Integrating Applications*), несмотря на то что они разработаны независимо друг от друга, обеспечивают возможность совместной работы и сохраняют при этом согласованность отдельных наборов данных.

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 компьютерных технологий в 2022 году и в ближайшей перспективе.

На этом мы и завершаем очередной комплексный обзор из восьми частей. 🍷

Об авторе:

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

Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Сфера искусственного интеллекта // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №3, с. 72–79.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №4, с. 69–79.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №5, с. 63–79.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. *HPC*-серверы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №6, с. 71–78.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №7, с. 53–61.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Сфера *PLM*, включая *CAE* и *EDA* // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №8, с. 4–20.
7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VII. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2022, №1, с. 66–80.
8. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VIII. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №2, с. 68–78.
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. 65–77.
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.