

# Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков

## Часть I. Сфера искусственного интеллекта

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Предлагаем вниманию читателей очередной ежегодный комплексный обзор систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*, объединивший в прошлом году под общей “шапкой” восемь самостоятельных частей [1–8]. Все предыдущие публикации по-прежнему свободно доступны на нашем сайте [www.cad-cam-cae.ru](http://www.cad-cam-cae.ru).

В новом цикле мы продолжим обсуждать достижения, анализировать состояние и делать прогнозы развития различных рынков – серверов и суперкомпьютеров, ИТ-инфраструктуры, “умных” мобильных интернет-устройств и процессоров, а также программного обеспечения, для эффективного функционирования которого требуются системы ВПВ. При этом будет продолжаться и процесс оптимизации структуры обзора, что может вызвать перераспределение материала между его частями (с возможной корректировкой названий самостоятельных частей) и изменение порядка их публикаций, а также дополнение рассматриваемой тематики.

Предлагаемая первая часть посвящена бурно развивающемуся мировому рынку аппаратных средств и программных приложений, относящихся к сфере искусственного интеллекта (ИИ) (*Artificial Intelligence, AI*). Далее будем также пользоваться обобщающим термином – рынок ИИ-инструментария. Отобранная нами информация распределена между следующими разделами:

- 1 Прогноз *IDC & Gartner* на 2017 год: “Искусственный интеллект повсюду”
- 2 *Gartner*: циклы зрелости инноваций в сфере ИИ в 2019 и 2020 гг.
- 3 *IDC*: объем мирового рынка ИИ-инструментария в 2020 году и прогноз до 2024 года
- 4 *IDC*: структура мирового рынка ИИ-инструментария
- 5 *IDC*: ведущие компании в сфере ИИ
- 6 *Gartner*: магические квадранты ведущих компаний на рынке ИИ-инструментария
- 7 *IDC Russia & CIS*: объем российского рынка ИИ-инструментария в 2020 году и прогноз до 2024 года
- 8 Инвестиции в сферу ИИ в России

При подготовке обзора мы традиционно опираемся на репарированные и дополненные нами данные и прогнозы двух американских аналитических компаний:

- *Gartner* ([www.gartner.com](http://www.gartner.com)) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (шт. Коннектикут);

- *International Data Corporation* или *IDC* ([www.idc.com](http://www.idc.com)) со штаб-квартирой, расположенной в гор. Фремингем, шт. Массачусетс и её московского офиса *IDC Russia & CIS* ([www.idc.com/cis/russia](http://www.idc.com/cis/russia)).

Эти компании регулярно публикуют в открытой печати выборочные данные о своих систематических рыночных исследованиях, подробные отчеты о которых, за редким исключением, предлагаются за весьма “нескромные” четырехзначные долларовые суммы.

Использовалась также следующая информация:

- сборник аналитических материалов “Альманах ‘Искусственный интеллект’ ” ([www.aireport.ru](http://www.aireport.ru)), который выпускает Центр Национальной технологической инициативы (НТИ) на базе Московского физико-технического института (МФТИ) по направлению “Искусственный интеллект”;
- ежегодное исследование “*Artificial Intelligence Index 2021 Annual Report*”, подготовленное в *Institute for Human-Centered AI (HAI)* ([hai.stanford.edu](http://hai.stanford.edu)), учрежденном в 2019 году как подразделение *Stanford University*.

Обращаем внимание читателей, что сформулированные нами важные пояснения в отношении информации, используемой при подготовке самостоятельных частей и всего комплексного обзора в целом, приведены в начале обзора, опубликованного два года назад [9], и в дальнейшем эти пояснения воспроизводиться больше не будут.

### 1. Прогноз *IDC & Gartner* на 2017 год: “Искусственный интеллект повсюду”

Прогнозная часть в нашем обзоре впервые появилась в начале 2014 года [10], и с тех пор уже в течение семи лет соответствующая часть обзора публикуется во втором номере нашего журнала [10–16].

В поле нашего внимания находятся исследования, основные результаты которых ежегодно приводятся в нашем кратком пересказе, в том числе:

- Ключевые факторы развития мировой ИТ-индустрии (топ-10 от аналитиков *IDC*);
- Направления стратегического развития технологий (топ-10 от аналитиков *Gartner*).

В прогнозах на 2017 год и на последующие три–пять лет аналитики *IDC* и *Gartner* независимо друг от друга сформулировали слоган “Искусственный интеллект – повсюду” (*Intelligence Everywhere*) [13], который зафиксировал начало эпохи бурного роста мировой ИТ-индустрии на базе достижений в сфере ИИ.

## 2. Gartner: циклы зрелости инноваций в сфере ИИ в 2019 и 2020 гг.

Наглядное представление о развитии инноваций во времени позволяют получить так называемые циклы зрелости (дословно, циклы ажиотажа вокруг) инновационных технологий (*Hype Cycle for Emerging Technologies*). Такие отчеты, имеющие графическое представление в форме седла, ежегодно составляют аналитики компании *Gartner* на основе проводимых опросов для примерно 1500–2000 передовых направлений развития науки и техники, привлечших внимание прогрессивной рыночной общественности, – в том числе и инноваций в сфере ИИ.

Рассмотренные нами за прошедшие семь лет гартнеровские циклы можно освежить в памяти по нашим прогнозным публикациям [10–16]. Толкования принятых терминов и интерпретация различных этапов зрелости технологий приведены в [10, рис. 1].

Несмотря на то, что термин “технологии искусственного интеллекта” используется достаточно широко, мы не считаем его корректным, да и в целом стараемся избегать слова “технологии”, когда дело не

касается производства. На наш взгляд, здесь имеет место довольно-таки некритическое заимствование – как, впрочем, и в среде поставщиков программного обеспечения (ПО), где вместо популярных в прошлом “продуктов”, на смену которым пришли “решения”, а маркетологи ввели в моду термин “технологии”. ПО, на котором собственно и строится вся “интеллектуальность”, опирается на математику, формализующую различные методы и подходы в сфере ИИ, и на алгоритмы. Разработка ПО, в свою очередь, опирается на методологию. Конечно, в расширенном понимании слова (“совокупность инструментов и методов...”, а то и “объем знаний, которые можно использовать для...”), технологией можно считать практически всё, что угодно – однако смысл при этом, к сожалению, размывается. Так что, на наш взгляд, называть полученные прикладные приложения “технологиями искусственного интеллекта”, даже если они работают в комплексе с техническими устройствами, не менее странно, чем говорить о “технологиях человеческого интеллекта” или “технологии человеческого зрения” (хотя, при желании, обнаружить какие-то технологии в этих феноменах наверняка возможно).

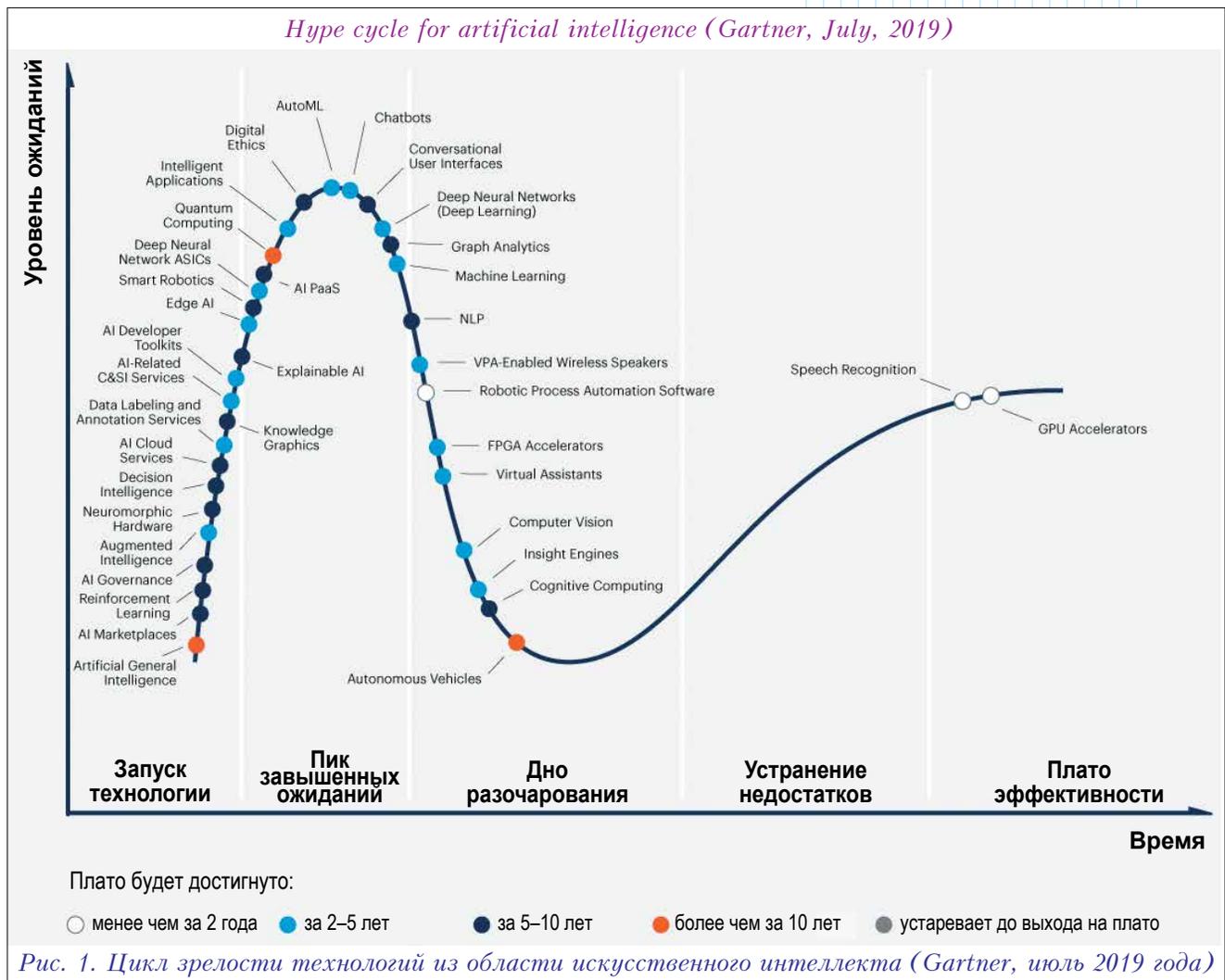


Рис. 1. Цикл зрелости технологий из области искусственного интеллекта (Gartner, июль 2019 года)

Но вернемся к нашим технологическим баранам. Бурное развитие рынка ИИ-инструментария нашло отражение в деятельности аналитиков *Gartner*, которые в июле 2019 и июле 2020 гг. подготовили для них самостоятельные графики циклов зрелости (рис. 1, 2). Читателям, как и обычно, мы предлагаем “найти 10 отличий” в циклах самостоятельно.

Пояснение некоторых терминов, относящихся к разработкам в сфере ИИ и попавших под лупу *Gartner*, дано в наших предыдущих публикациях [10–16]. Следует сделать ремарку, что составление серьезного толкового словаря выходит далеко за рамки наших обзорных публикаций. Заинтересованных читателей отошлем к объемному аналитическому сборнику [17], составленному в Центре НТИ на базе МФТИ по направлению “ИИ”, и к последующим публикациям “Альманаха ИИ” ([www.aireport.ru](http://www.aireport.ru)).

Поскольку “объять необъятное” в одном обзоре невозможно, из гартнеровского “тысячного” списка разнообразных инноваций в сфере ИИ мы, по традиции, будем обращать внимание лишь на овеществленные в железе алгоритмы ИИ

(см. суперкомпьютерную и процессорную части наших обзоров [3, 6]).

В их числе (в скобках приведена английская транскрипция терминов, замеченных на рис. 1, 2):

- акселераторы (*Accelerators*), включая графические процессоры (*GPU*) и программируемые пользователем вентильные матрицы (*FPGA*);
- нейроморфические чипы (*Neuromorphic Hardware*), архитектура которых базируется на данных нейробиологии – дисциплины, изучающей физиологию, строение, развитие мозга и нервной системы.

Что же касается интересующих нас квантовых вычислительных систем (см. облачную и *HPC*-серверную части наших обзоров [2, 4]), то аналитики *Gartner*, по всей видимости, предполагают рассматривать *Quantum Computing (QC)* как отдельный сегмент. В качестве подкрепления этого тезиса обратим внимание читателей на тот факт, что в 2018 году *QC* еще присутствует в циклах зрелости инновационных технологий [16, рис. 4], в 2019 году – только в цикле для ИИ-инструментария (рис. 1), а в 2020 году пропадает и отсюда (рис. 2).

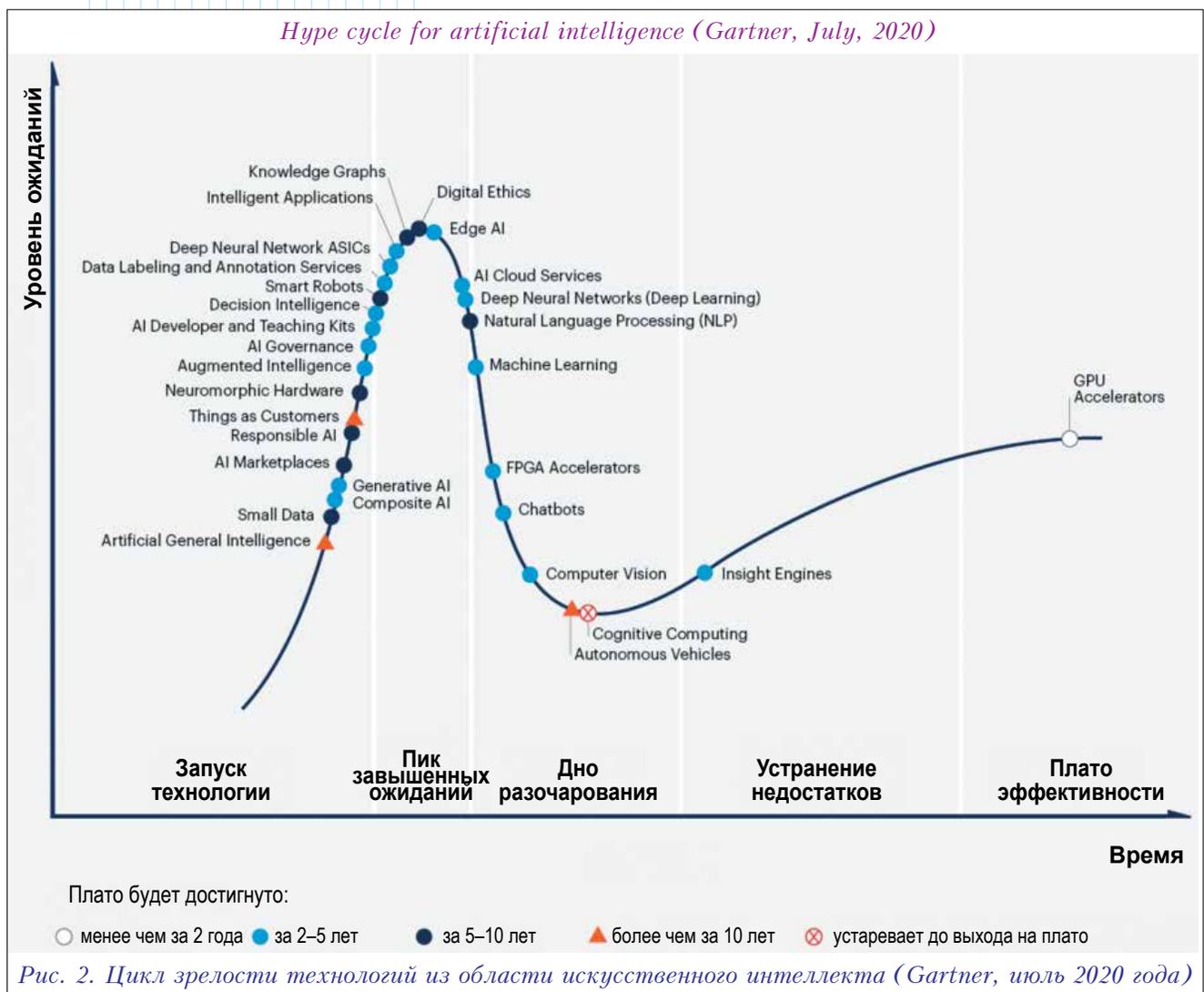


Рис. 2. Цикл зрелости технологий из области искусственного интеллекта (*Gartner*, июль 2020 года)

### 3. IDC: объем мирового рынка ИИ-инструментария в 2020 г. и прогноз до 2024 года

Столбчатая диаграмма, представленная на рис. 3, построена нами с использованием данных IDC, опубликованных в пресс-релизах от 04.08.2020 г. и 23.02.2021 г., которые базируются на исследованиях *Worldwide Semiannual Artificial Intelligence Tracker*, проводимых компанией каждые полгода. Выводы аналитиков IDC опираются на результаты обработки информации о более чем 650 компаниях из 27 стран, работающих на рынке программных приложений и аппаратных средств, относящихся к сфере ИИ.

Объем мирового рынка ИИ-инструментария в 2020 году составил **281.4 млрд. долларов**, при росте в сравнении с 2019 годом (250.5 млрд. долларов) в размере **+12.3%**.

Ожидается, что в 2021 году объем рынка вырастет на +16.4% – то есть, до 327.5 млрд. долларов.

По прогнозам, в период с 2022 по 2024 гг. среднегодовые темпы роста мирового рынка ИИ-инструментария составят +19.2%. Таким образом,

к 2024 году объем рынка должен достигнуть 554.3 млрд. долларов.

### 4. IDC: структура мирового рынка ИИ-инструментария

По версии IDC, мировой рынок инструментария, относящегося к сфере ИИ, включает следующие сегменты (в скобках приведена принятая компанией терминология):

1 Оборудование для решения задач ИИ (*AI Hardware*), в том числе:

- серверы (*AI Servers*);
- хранилища информации (*AI Storage*).

2 Программное обеспечение для решения задач ИИ (*AI Software*), в том числе:

- программные платформы (*AI Software Platforms*);
- программные приложения (*AI Applications*);
- системное инфраструктурное ПО (*AI System Infrastructure Software*);
- ПО для разработки и развертывания интеллектуальных программных приложений (*AI Application Development & Deployment*).

*Artificial intelligence (AI) world market's size and growth rates for 2019–2020 as well as forecast for 2021–2024 (IDC, August, 2020; February, 2021)*

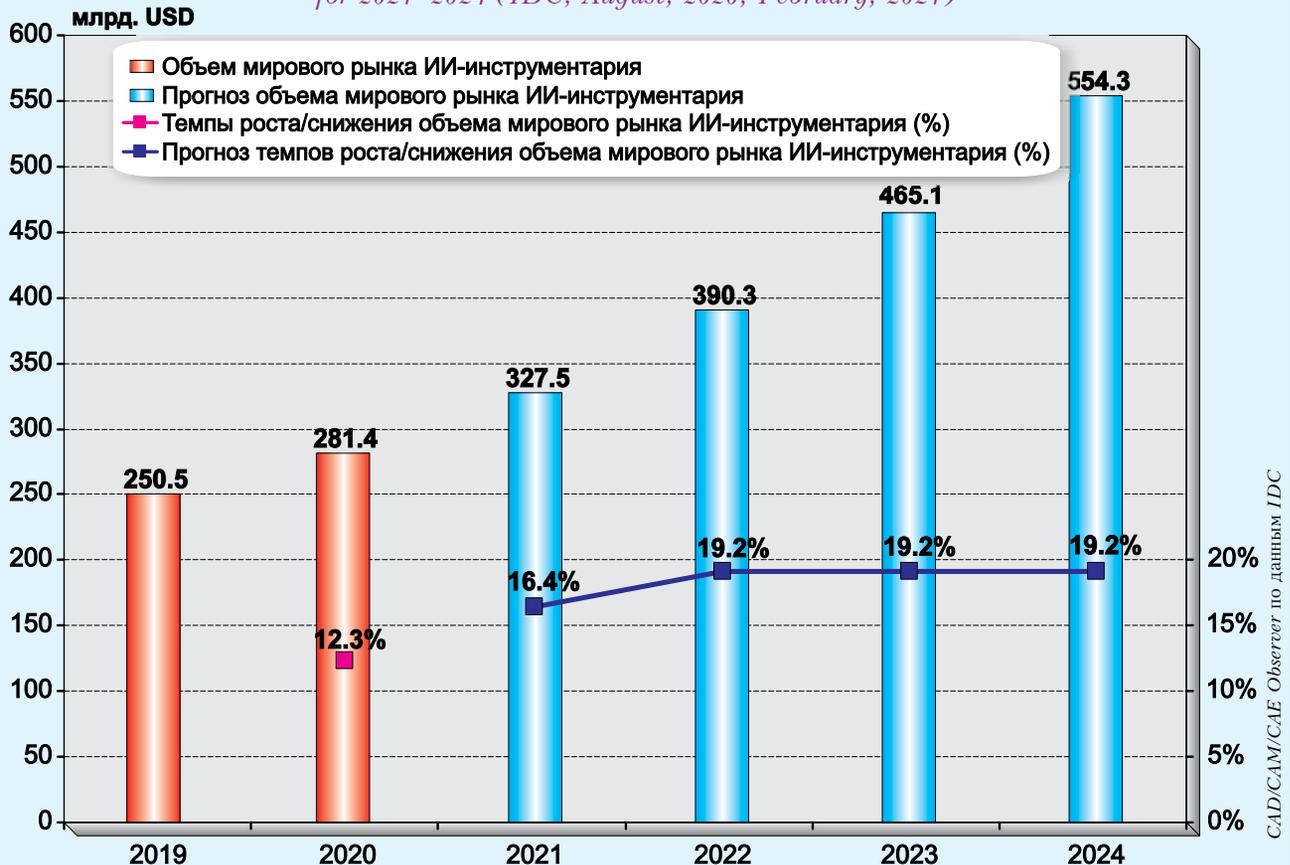


Рис. 3. Объем и темпы роста/снижения мирового рынка инструментария искусственного интеллекта в 2019–2020 гг., а также прогноз на 2021–2024 гг. (данные IDC, август 2020 г., февраль 2021)

3 Услуги по применению ИИ-инструментария (*AI Services*), в том числе:

- услуги для развития ИТ-инфраструктуры (*IT Services*);

- услуги для развития бизнеса (*Business Services*).

По оценкам *IDC*, объемы и доли сегментов мирового ИИ-рынка в 2020 году выглядят следующим образом:

1 Оборудование для решения задач ИИ – **14.1 млрд. долларов (5%)**.

2 ПО для решения задач ИИ – **247.6 млрд. долларов (88%)**, в том числе:

- программные приложения – 123.8 млрд. долларов или 50%;

- системное инфраструктурное ПО – 89.1 млрд. долларов или 36%.

3 Услуги по применению ИИ – **19.7 млрд. долларов (7%)**.

В качестве прогноза на 2024 год *IDC* приводит следующие цифры:

- Оборудование для решения задач ИИ – **30.5 млрд. долларов (5.5%)**, в том числе серверы – 25 млрд. долларов или 82%.

- ПО для решения задач ИИ – **485.9 млрд. долларов (87.7%)**.

- Услуги по применению ИИ – **37.9 млрд. долларов (6.8%)**.

## 5. *IDC*: ведущие компании в сфере ИИ

В своём исследовании аналитики *IDC* перечисляют компании, которые занимают лидирующие позиции в некоторых сегментах мирового рынка инструментария, связанного со сферой ИИ.

В сегменте оборудования для решения задач ИИ (подсегмент “Серверы”): *Dell*, *Hewlett-Packard Enterprise*, *Huawei*, *IBM*, *Inspur* и *Lenovo* (перечислены в алфавитном порядке).

В сегменте программного обеспечения для решения задач ИИ (по определению *IDC* – *AI Centric*) для каждого подсегмента указано три лидера (компании отранжированы по размеру полученного дохода):

- программные платформы – *IBM*, *Microsoft* и *SAS Institute*;

- программные приложения – *IBM*, *OpenText* и *Slack*;

- системное инфраструктурное ПО – *IBM*, *Microsoft* и *Dynatrace*;

- ПО для разработки и развертывания интеллектуальных программных приложений – *Microsoft*, *Google* и *Palantir*.

## 6. *Gartner*: магические квадранты ведущих компаний на рынке ИИ-инструментария

В начале 2021 года аналитики *Gartner* подготовили магические квадранты (*Magic Quadrant*), в которых представлены компании, работающие в следующих сегментах рынка аппаратных средств и программных приложений для сферы ИИ:

- компании – разработчики программного обеспечения, специализирующиеся в сфере интеллектуального анализа данных и машинного обучения (*Data Science And Machine Learning*) (рис. 4);

- компании, предоставляющие облачные сервисы для разработчиков интеллектуальных приложений (*Cloud AI Developer Services*) (рис. 5).

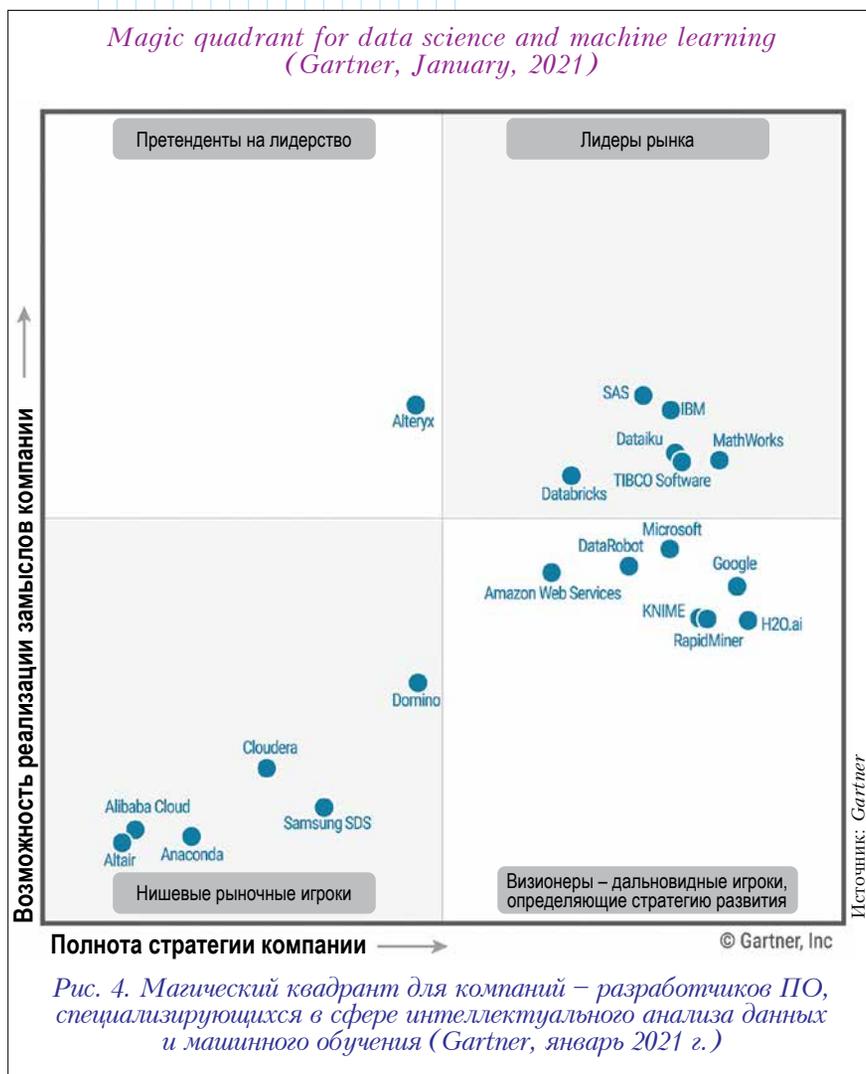


Рис. 4. Магический квадрант для компаний – разработчиков ПО, специализирующихся в сфере интеллектуального анализа данных и машинного обучения (*Gartner*, январь 2021 г.)

Для объектов своих магических квадрантов аналитики *Gartner* используют следующие обозначения:

- Нишевые рыночные игроки (*Niche Players*);
- Визионеры – дальновидные игроки, определяющие стратегию развития (*Visionaries*);
- Претенденты на лидерство на рынке (*Challengers*);
- Лидеры рынка (*Leaders*).

Система координат магических квадрантов такова:

- Горизонтальная ось – полнота стратегии компании (*Completeness of Vision*). Вендоры оцениваются по их способности убедительно формулировать утверждения о текущих и будущих потребностях рынка, инновациях и возможных конкурентных силах – то есть, позиция по этой оси косвенным образом отражает маркетинговые и продажные показатели.

- Вертикальная – возможность реализации замыслов компании (*Ability to Execute*). Вендоры оцениваются по их технологической продвинутости – качеству и эффективности

процессов, систем, и методов, которые в итоге обеспечивают конкурентоспособность.

Размещение точек в магических квадрантах дают возможность составить качественное (но не количественное, поскольку отсутствуют шкалы с единицами измерения характерных величин) представление о позиции той или иной компании на рынке.

Чем правее расположена компания, тем она, по мнению *Gartner*, технологически продвинутое, чем выше – тем успешнее в маркетинге и продажах. Вендоры, получившие максимальные оценки по обеим осям, являются лидерами: их убедительное видение развития рынка подкреплено способностью реализовать задуманное.

Оба магических квадранта опубликованы компанией *IBM*, которая считается лидером обоих рыночных сегментов. Список других компаний с их рыночными достижениями не сложно составить, используя **рис. 4, 5**.

### 7. IDC Russia & CIS: объем российского рынка ИИ-инструментария в 2020 году и прогноз до 2024 года

Столбчатая диаграмма, представленная на рис. 6, построена нами с использованием данных, опубликованных в пресс-релизе *IDC* от 27.04.2021 г., который базируется на результатах исследования *IDC Worldwide Artificial Intelligence Spending Guide*.

Объем российского рынка ИИ-инструментария в 2020 году составил **291 млн. долларов**, при росте на **+22.4%** в сравнении с 2019 годом (237.7 млн. долларов).

Ожидается, что в период с 2021 по 2024 гг. среднегодовые темпы роста этого рынка составят **+17.5%**, а к 2024 году объем рынка достигнет величины **555.1 млн. долларов**.

### 8. Инвестиции в сферу ИИ в России

По данным Центра НТИ на базе МФТИ по направлению “ИИ” [18], бюджетное финансирование сферы ИИ в России в 2020 г. составило порядка 3 млрд. рублей (то есть, порядка 40 млн. долларов), что примерно в 350 раз меньше, чем аналогичное финансирование в Китае – хотя ВВП Китая превышает ВВП России лишь на один порядок.

По всей видимости, оценки в [18] касаются бюджетного

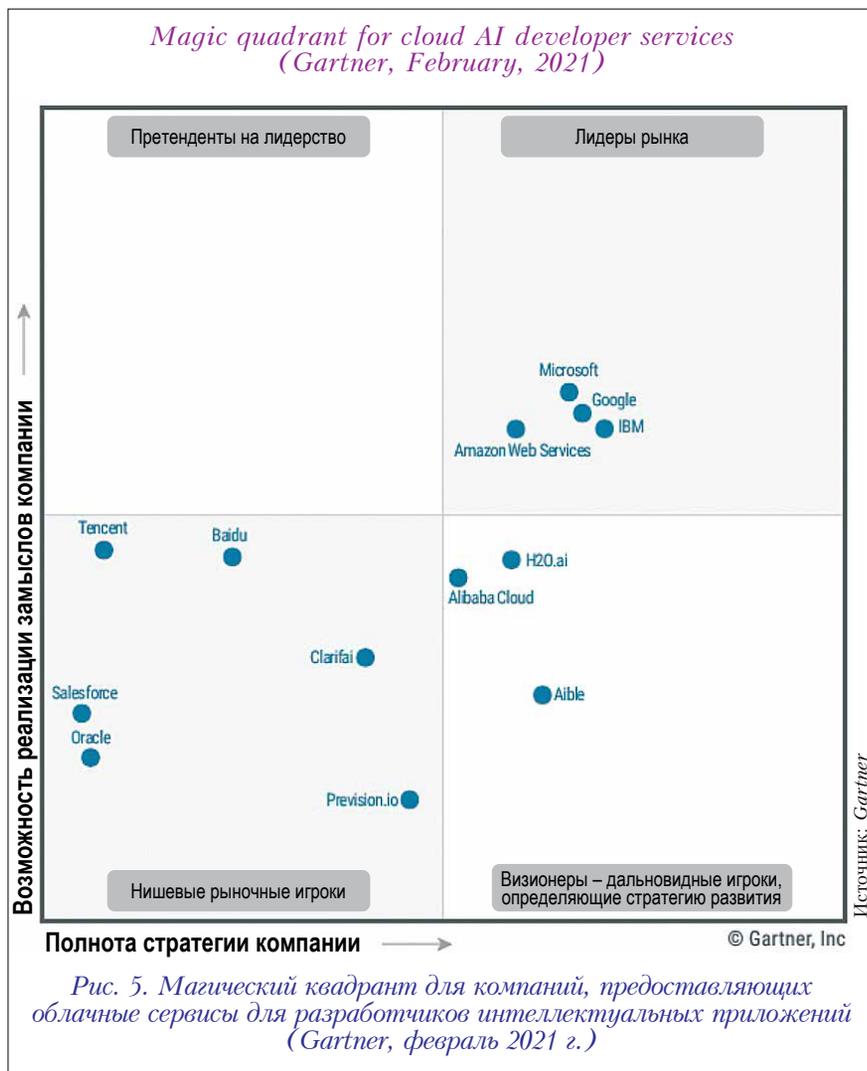


Рис. 5. Магический квадрант для компаний, предоставляющих облачные сервисы для разработчиков интеллектуальных приложений (Gartner, февраль 2021 г.)

финансирования гражданских программ. Судить о размере сумм, направляемых на НИР военного и двойного назначения в сфере ИИ, достаточно сложно. Приведем лишь размеры военного бюджета Китая и России в 2020 году по данным Стокгольмского института исследования проблем мира (*Stockholm International Peace Research Institute*, <https://sipri.org>), опубликованным 26.04.2021 г.: 252 и 61.7 млрд. долларов соответственно.

Общий мировой объем инвестиций в сфере ИИ составил в 2020 году **67.9 млрд. долларов** – так утверждает в исследовании “*Artificial Intelligence Index 2021*”, подготовленном в *Institute for Human-Centered AI*, подразделении *Stanford University*.

В соответствии с самостоятельным федеральным проектом России “Искусственный интеллект”, стартовавшим в 2021 году, общий объем финансирования в период 2021–2024 гг. составит 31.5 млрд. рублей, в том числе бюджетное финансирование – 24.6 млрд. рублей, то есть 422.35 и

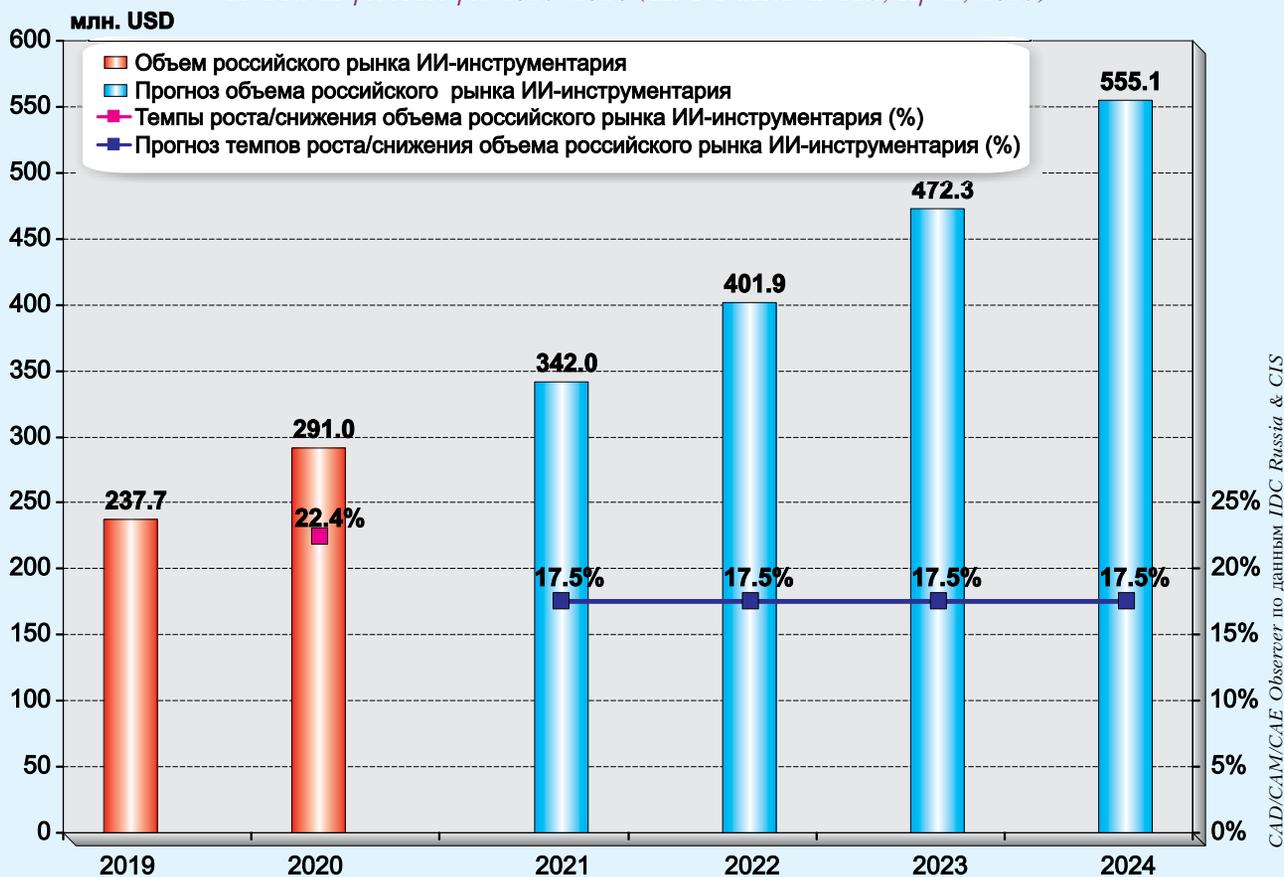
329.83 млн. долларов (по курсу 74.58 руб. за доллар на 28.04.2021 г.) соответственно. Здесь тоже речь идет о программах гражданского назначения.

Следует отметить, что 21.04.2021 г. в послании президента России Федеральному собранию был озвучен объем финансирования из федерального бюджета на гражданские научные исследования до 2024 года – более 1.6 трлн. рублей. Учитывая бурное расширение сферы применения ИИ, научные исследования по всем направлениям потребуют разработки и применения специализированных ИИ-приложений. А это, в свою очередь, внесет ощутимую прибавку при подсчете объема рынка ИИ-инструментария.

### Вместо заключения

По данным упомянутого исследования “*AI Index 2021*”, национальные стратегии развития ИИ в 2019–2020 гг. разработали, приняли или анонсировали четыре десятка стран, включая (в алфавитном порядке) Бразилию, Израиль, Индонезию, Россию, Сингапур, США, Южную

*Artificial intelligence (AI) Russian market's size and growth rates for 2019–2020 as well as forecast for 2021–2024 (IDC Russia & CIS, April, 2021)*



*Рис. 6. Объем и темпы роста/снижения российского рынка средств искусственного интеллекта в 2019–2020 гг., а также прогноз на 2021–2024 гг. (данные IDC Russia & CIS, апрель 2021)*

Корею, а также ряд государств – членов Европейского Союза.

По объему частных инвестиций в 2020 году лидирующие позиции занимают следующие страны (отранжированы по общему объему инвестиций): США, Китай, Великобритания, Израиль, Канада, Германия, Франция, Индия, Япония, Сингапур, Австралия.

Мы и впредь будем внимательно следить за бурно развивающимся рынком инноваций

в сфере ИИ и сообщать о результатах наблюдений в дальнейших публикациях. 📧

#### Об авторе:

Павлов Сергей Иванович – *Dr. Phys.*, ведущий научный сотрудник Института численного моделирования Латвийского университета ([Sergejs.Pavlovs@lu.lv](mailto:Sergejs.Pavlovs@lu.lv)), автор аналитического *PLM*-журнала “*CAD/CAM/CAE Observer*” ([sergey@cadcamcae.lv](mailto: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 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VIII. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №2, с. 65–77.
9. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура, квантовые вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №4, с. 68–77.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Альманах “Искусственный интеллект”. Состояние отрасли в России и мире. Стратегия России // Аналитический сборник №1, июнь 2019 года // Москва: Центр НТИ на базе МФТИ по направлению “ИИ”, 2019, 150 с.
18. Альманах “Искусственный интеллект”. Индекс 2020 года // Аналитический сборник №8, апрель 2021 года // Москва: Центр НТИ на базе МФТИ по направлению “ИИ”, 2021, 82 с.